

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Jader da Silva Neto

**A FÍSICA MODERNA NO PROCESSO DE FORMAÇÃO DE TÉCNICOS NA ÁREA
DE RADIOLOGIA MÉDICA**

Porto Alegre

2008

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Jader da Silva Neto

**A FÍSICA MODERNA NO PROCESSO DE FORMAÇÃO DE TÉCNICOS NA ÁREA
DE RADIOLOGIA MÉDICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Profa. Dra. Sandra Denise Prado

Co-orientadora: Profa. Dra. Fernanda Ostermann

Porto Alegre

2008

S586f Silva Neto, Jader da
A física moderna no processo de formação de técnicos na
área de radiologia médica / Jader da Silva Neto ; orient. Sandra
Denise Prado, co-orient. Fernanda Ostermann. – 2008.
156 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio
Grande do Sul. Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação
em Ensino de Física. Porto Alegre, 2008.

1. Ensino de Física 2. Educação Profissional 3. Dualidade
onda-partícula I. Prado, Sandra Denise II. Ostermann, Fernanda
III. Título.

PACS: 01.40

Catálogo Biblioteca IF/UFRGS

Dedico este trabalho aos meus pequeninos e
barulhentos filhos, Gabriel e Isadora.

AGRADECIMENTOS

Agradeço

a Deus pela vida e por ter colocado pessoas maravilhosas em meu caminho;

às professoras Sandra e Fernanda, pela paciência que tiveram, amizade, disponibilidade e principalmente por acreditarem em mim;

à minha esposa, Iraci, grande companheira e incentivadora, sempre presente em todos os momentos desta conquista;

aos meus pais, Enio, que mesmo não estando mais aqui, me deu grandes exemplos e Eli, a quem considero minha primeira professora, pelos sacrifícios que fizeram para que nada faltasse a seus filhos;

ao professor Volnei, pela disponibilidade no esclarecimento de dúvidas e na busca de materiais relacionados à radiologia;

à direção do Colégio Cenecista São Roque, às colegas Ângela, Angélica e Luciane pela oportunidade de aplicar este projeto de mestrado, pela coleta de materiais e pela assessoria no laboratório de informática;

ao irmão Jairo e aos amigos, Adelar, Rogemar e Rogério, que sempre me estenderam a mão quando precisei;

aos colegas de mestrado Adilson e Alexei, companheiros nas madrugadas de estudo;

aos alunos da turma de 2007 do Curso Técnico em Radiologia Médica do Colégio Cenecista São Roque pela receptividade e participação nas aulas.

“O processo de ensino-aprendizagem inclui sempre aquele que aprende, aquele que ensina e a relação entre essas pessoas.”

(Lev Semenovich Vygotsky)

RESUMO

Nesta dissertação apresentamos o relato de uma proposta de inovação na abordagem da Física para o Curso Técnico em Radiologia Médica – Radiodiagnóstico, do Colégio Cenecista São Roque, localizado em Bento Gonçalves/RS. Motivados pela carência de trabalhos direcionados ao ensino técnico e pela necessidade em tratar a Física Moderna de modo mais conceitual, nos propusemos a elaborar uma página na internet como instrumento de apoio à disciplina de Proteção Radiológica. Considerando como marco teórico a teoria sócio-interacionista de Lev Semenovich Vygotsky e visando uma maior conscientização dos alunos quanto aos efeitos biológicos das radiações, adotamos como conceito central a dualidade onda-partícula. Tal referencial teórico considera como elemento fundamental para a aprendizagem a interação em sala de aula e dessa forma procuramos direcionar nossas aulas de modo a incentivar o debate. Os materiais didáticos desenvolvidos e adaptados para nossa prática constam de roteiros exploratórios, simulações computacionais de fenômenos físicos e leitura de textos de divulgação científica. Utilizando como ferramenta simuladores Java Applets disponíveis na internet, foram explorados os efeitos fotoelétrico e Compton. Através de um software educacional, desenvolvido no Instituto de Física, que simula o interferômetro de Mach-Zehnder abordamos o caráter dual das radiações. Este modo de abordar a Física despertou o interesse dos alunos levando-os a participar mais das aulas e a fazerem relações dos conteúdos estudados em sala de aula com os fenômenos físicos que regem o radiodiagnóstico.

Palavras-chave: Ensino de Física. Educação Profissional. Dualidade onda-partícula

ABSTRACT

In this dissertation we report an innovative approach in teaching Concepts of Quantum Physics to a technical level course in Medical Radiology, namely Radiodiagnostic at Colégio Cenecista São Roque in Bento Gonçalves/RS. The main reasons for this work are twofold: first, there is a small number of papers in the literature concerned to technical teaching and even less in this field specifically. Second, the students are required to get some conceptual understanding of Quantum Physics - an abstract subject most of them has never heard before. We have chosen the wave-particle duality as a central concept to introduce Quantum Physics given that analogies with classical wave mechanics could be more easily recovered. The dual character of electromagnetic radiation and the probabilistic nature of Quantum Physics were then emphasized since these concepts are fundamental for a better understanding of biological effects of radiation. It is also important to clarify Physics is part of our everyday and that even many of the norms that will rule their professional lives are based on the actual scientific knowledge. We believe better prepared technicians will be professionals more conscious of the importance of their own role in society. Working within Lev Semenovich Vygotsky framework we have fomented and motivated the learning through interaction among students in the classroom and through the debate among them. We have also elaborated a homepage during the semestre as a support tool to the discipline of Radiological Protection. Texts, interesting links, related news from newspaper have been continuously added as the students were suggesting or asking for. Besides the homepage, we have elaborated specific didactic material like exploratory scripts to guide the students through virtual simulations as for the Wave-particle duality in the Virtual Mach-Zehnder Interferometer and for the Photoelectric Effect. The students in general showed themselves very receptive to the innovations since they could be more active during the classes. Their final comments are interesting and they can give hints where this approach can be still improved and what they like it most.

Keywords: Physics Teaching. Professional Education. Wave-particle duality

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.2.1 - Formação dos professores que ministram a disciplina de Proteção Radiológica em dezesseis instituições	41
Figura 4.1 - Fachada do Colégio Cenecista São Roque	57
Figura 4.2 - Alunos no laboratório de informática	58
Figura 4.1.1 - Tela inicial da página usada durante a disciplina	60
Figura 4.3.1 - Tela inicial do interferômetro virtual de Mach-Zehnder	62
Figura 4.3.2 - Dispersão do feixe laser ao longo o interferômetro	63
Figura 4.4.1 - Fenômeno da interferência usando laser	67
Figura 4.4.2 - Superposição das componentes do feixe emitido após o espelho semi-refletor S_2	67
Figura 4.4.3 – Inexistência das figuras de interferência com a retirada do segundo espelho semi-refletor	68
Figura 4.4.4 – Padrões de interferência sendo formados com o interferômetro em regime quântico	69
Figura 4.4.5 - Troca de idéias entre os alunos no laboratório de informática	70
Figura 4.4.6 - Detecção do fóton e destruição das figuras de interferência	71
Figura 4.4.7 - Introdução dos polaróides no interferômetro e destruição das figuras de interferência	72
Figura 4.4.8 - Simulação do efeito fotoelétrico	74
Figura 4.4.9 - Simulação do efeito Compton	76
Figura 4.4.10 - Dosímetro padrão	81
Figura 5.1 - Opinião dos alunos quanto ao método de trabalho	85
Figura 5.2 – Proteção dos técnicos na opinião dos alunos no início do semestre	89
Figura 5.3 - Proteção dos técnicos na opinião dos alunos ao final do semestre	89
Figura 5.4 - Proteção dos estagiários na opinião dos alunos	90
Figura 5.5 – Proteção dos estagiários na opinião de ex-alunos	91
Figura 5.6 - Proteção dos técnicos na opinião de ex-alunos	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1.1 - Estabelecimentos e matrículas da educação profissional de nível médio, Brasil, 2003 – 2005	29
Tabela 2.1.2 - Matrículas da Educação Profissional, por ano, segundo a área profissional, Brasil, 2003 – 2005	29
Tabela 2.1.3 - Matrículas da Educação Profissional, por ano, segundo a faixa etária, Brasil, 2003 – 2005	30
Tabela 2.2.1 – Estabelecimentos de ensino que oferecem cursos técnicos de formação em Radiologia Médica e sua localização, Rio Grande do Sul, 2007	37
Tabela 2.2.2 – História escolar recente dos alunos do Curso Técnico em Radiologia Médica do Colégio Cenecista São Roque, Bento Gonçalves, 2007	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEB	Câmara de Educação Básica
CEED	Conselho Estadual de Educação
CEFETs	Centros Federais de Educação Tecnológica
CNE	Conselho Nacional de Educação
DEEB	Diretoria de Estatísticas da Educação Básica
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
MEC	Ministério da Educação
MS	Ministério da Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PUC/SP	Pontifícia Universidade Católica/São Paulo
SENAC	Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SETEC	Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFTPR	Universidade Federal Tecnológica do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	ESTUDOS RELACIONADOS	15
2.1	Estudos que tratam sobre a educação profissional no Brasil	15
2.2	Formação de técnicos em radiologia médica	31
2.3	Análise dos materiais didáticos disponíveis para a disciplina de Proteção Radiológica	42
3	REFERENCIAL TEÓRICO	45
3.1	Teorias Construtivistas	47
3.2	A Teoria Sócio-interacionista de Vygotsky	51
3.3	Implicações da Teoria de Vygotsky para o ensino de Física	54
4	PROCEDIMENTOS E IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	57
4.1	Metodologia de ensino	59
4.2	Conteúdos propostos para a implementação do projeto	61
4.3	O papel do software na abordagem didática	61
4.4	Descrição das aulas ministradas	64
5	AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS	84
6	CONCLUSÃO	96
	REFERÊNCIAS	100
	APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL	106
	APÊNDICE B – FICHA PARA ANÁLISE DOS PLANOS DE CURSO	131
	APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO PARA A TURMA DE OBSERVAÇÃO	132
	APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO PARA AS TURMAS ANTERIORES	134
	APÊNDICE E – AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA	137
	APÊNDICE F – AVALIAÇÃO DE CONHECIMENTO (BLOCO II)	139
	APÊNDICE G – BLOCOS TEMÁTICOS	141
	ANEXO A – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DA SAÚDE E COMPETÊNCIAS PROFISSIONAIS DO TÉCNICO DA ÁREA	144
	ANEXO B - LEI n. 7.394/8	146
	ANEXO C – DECRETO n. 92.790/86	149
	ANEXO D – SÚMULA DA DISCIPLINA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA	155

1 INTRODUÇÃO

O mundo do trabalho, nos dias atuais, requer profissionais cada vez mais capacitados no exercício de suas atividades. Os interesses econômicos definem as regras e quem não se adequa a elas está fora. Segundo o IBGE¹, a taxa média de desemprego do País² no ano de 2007 foi de 9,3% da população economicamente ativa³. As históricas desigualdades sociais existentes no Brasil, seja por herança dos colonizadores ou por governantes que governam para os ricos, fazem com que sempre exista uma corrida pela sobrevivência.

Com um mercado de trabalho cada vez mais concorrido e com exigências cada vez maiores, é preciso qualificação. Hoje, busca-se formação específica tanto nas faculdades quanto nos cursos técnicos, uma vez que, apenas o ensino médio deixa de ser garantia de uma formação completa. A função da escola, quanto ao ensino médio deve ser de possibilitar ao aluno uma formação científica que lhe permita escolher os caminhos a serem seguidos. Atualmente, percebe-se uma tendência de o ensino médio ser oferecido de modo integrado ao ensino profissionalizante, como pode ser visto na rede federal de ensino.

Ainda de acordo com o IBGE, em dezembro de 2005, 48%, dos desempregados tinham pelo menos o ensino médio concluído, em dezembro de 2006, 49,4% e, na última pesquisa, em dezembro de 2007, atingiu 51,5%.

Em um mundo globalizado, o que era atual se torna ultrapassado em pouco tempo. As indústrias operam com equipamentos cada vez mais sofisticados, a ciência evolui num ritmo alucinante, enquanto “a escola” continua a mesma. O que fazer então?

Ao longo dos anos, o governo tem procurado investir mais em educação, já que esta é de grande importância tanto para o exercício da cidadania, como para o desenvolvimento econômico e construção de uma sociedade mais justa. De acordo com o MEC⁴, os investimentos públicos em educação, consideradas todas as esferas de governo, no ano de 1995, chegaram a 4,6% do Produto Interno Bruto do país. O governo atual também tem direcionado muitos olhares para a educação, através de programas⁵ que visam manter crianças e jovens estudando. Chamamos a atenção para estes últimos dois anos, cujos impactos, entre

¹ Indicadores IBGE – Pesquisa Mensal de Emprego/Dezembro de 2007.

² Esta porcentagem foi obtida em estudo realizado a partir de dados coletados nas seis principais regiões metropolitanas do Brasil, que são: Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Salvador e São Paulo.

³ A população economicamente ativa contabiliza o número de pessoas ocupadas e pessoas desocupadas procurando por trabalho.

⁴ Relatório publicado pelo MEC no ano de 1996, intitulado Desenvolvimento da Educação no Brasil.

⁵ Destacamos o Bolsa Escola e o PROUNI, que apesar de algumas críticas se revelaram dois instrumentos positivos.

outros, têm sido a criação de vários CEFETs. Isto revela uma grande tendência do mundo atual, que são os cursos técnicos. Basta lermos os jornais ou andarmos um pouco pela cidade que logo vemos os anúncios de cursos técnicos profissionalizantes. Seja na área de informática, vendas, administração, contabilidade, entre outras, muitas são as pessoas que procuram um caminho mais curto para obter qualificação profissional e ingressar mais rapidamente no mercado de trabalho, ou pelo menos tentar, com maiores possibilidades de êxito.

Embora tenha ocorrido esta enxurrada de cursos técnicos, pouca atenção tem sido dada à qualidade desta modalidade de ensino. De nada adianta criar cursos com inúmeras habilitações sem se preocupar com a qualidade dos profissionais que estão sendo colocados no mercado de trabalho. Quando foi dito que a escola não mudou, queríamos chamar a atenção para o fato de que o ensino não tem se adaptado ao mundo atual.

Começamos a lecionar no ano de 2002, como professor concursado para a disciplina de Física na rede estadual de ensino em Bento Gonçalves – RS, onde atuo como professor de ensino médio. Hoje também trabalho com a modalidade de ensino técnico na rede particular e é em torno desta atuação que se desenvolve este trabalho.

O interesse por desenvolver um trabalho direcionado a um curso técnico deve-se a dois motivos: primeiro, à existência de poucos estudos relacionados a este nível de ensino e, segundo, pelo que temos visto a partir de nossa prática em sala de aula, trata-se de um ensino descontextualizado, no qual os alunos têm a maior parte do curso ocupada somente com teorias e só põem em prática o que aprenderam, no final do curso, quando realizam estágio.

De acordo com Barato⁶ (apud DEPRESBITERIS⁷, 2000, p. 3) “ [...] é impossível articular teoria e prática se as conotações destes termos não forem superadas no âmbito pedagógico. Em outras palavras, sem uma crítica radical dos significados da teoria e da prática é vã a tarefa de querer encontrar meios de articulação entre o saber e o fazer.”

Esta dissertação é fruto da execução de um projeto no Colégio Cenecista São Roque⁸, na disciplina de Proteção Radiológica, do segundo módulo do curso Técnico em Radiologia

⁶ Jarbas Novelino Barato é pioneiro de webquests no Brasil e autor do livro “*Escritos Sobre Tecnologia Educacional e Educação Profissional*”, editado pelo SENAC em 2002.

⁷ Léa Depresbiteris é Doutora em Ciências da Educação pela USP e atua como técnica do Senai/SP. Recebeu Menção Honrosa na Categoria Artigos do Prêmio Senac de Educação Profissional pela obra “*Educação Profissional: Seis Faces de um Mesmo Tema*”.

⁸ O Colégio Cenecista São Roque, cuja mantenedora é a Campanha Nacional de Escolas da Comunidade, iniciou suas atividades em 1956. Sua filosofia é de que: “A educação assume a missão de promover a formação integral das pessoas, oferecendo-lhes educação de excelência com compromisso social”. Acreditando que só pela educação se formam cidadãos, empenha-se em oferecer uma educação qualificada, voltada à formação integral da pessoa e norteada pelos princípios Aprendendo a aprender, Aprendendo a fazer, Aprendendo a ser e Aprendendo a conviver, a instituição atua desde a educação infantil até o ensino médio, contando também com a

Médica – Radiodiagnóstico, durante o segundo semestre letivo de 2007 com uma turma de 32 alunos e carga horária de 40 horas-aula, divididas em 2 horas-aula semanais.

Para embasar nossa proposta de trabalho, fizemos uma leitura da legislação referente aos cursos técnicos e, quando consultamos os Referenciais Curriculares Nacionais da Educação Profissional de Nível Técnico – Área da Saúde⁹(MEC, 2000), encontramos uma série de competências a serem desenvolvidas na subárea Radiologia - Diagnóstico por Imagem em Saúde, as quais deixam muito claro o quanto é importante o conhecimento por parte dos técnicos a fim de possibilitar a tomada de decisões e implementação de ações de radioproteção.

Em outro trecho referente à qualidade da oferta da educação profissional, verifica-se que:

Pesquisas realizadas com as escolas e empresas do setor demonstraram a insatisfação com a educação profissional do pessoal de nível médio da área da Saúde. Segundo profissionais e empresários, proliferam-se os cursos de má qualidade, com infra-estrutura deficiente, currículos fracos com ênfase em um fazer fragmentado e dicotomizado do saber, corpo docente muitas vezes sem experiência ou sem efetiva atuação no mercado de trabalho e estágios mal (ou não) supervisionados. O produto desses cursos são profissionais com conhecimento técnico-científico deficiente e postura profissional inadequada. (op. cit., p. 17)

Como professores de Física, na nossa visão, estas citações deixam clara a necessidade e a urgência em se desenvolver estratégias para aprimorar os conhecimentos que são relevantes no curso Técnico em Radiologia Médica e, portanto, nossa proposta de trabalho desenvolve-se sobre tópicos de Física Moderna.

Em relação ao curso Técnico em Radiologia Médica, é fundamental que alguma noção de Física Moderna seja proporcionada, uma vez que estes conteúdos estão presentes no funcionamento dos equipamentos, doses de radiação e principalmente, em ações de radioproteção. Desta forma, o conhecimento em Física pode ser considerado uma questão de saúde pública, pois interfere na qualidade de vida de técnicos e pacientes.

Levando-se em consideração esta relevância do conhecimento em Física, deve ser oferecido ao aluno um ensino que lhe proporcione questionar as relações entre ciência e tecnologia, enfatizando a dimensão social desta relação, fazendo-o abandonar a imagem de ciência como uma atividade realizada por cientistas isolados em seus laboratórios (CEREZO, 1998).

modalidade de Educação de Jovens e Adultos e desde 2005 com o Curso Técnico de Radiologia Médica – Radiodiagnóstico.

⁹ Este documento pode ser obtido em <<http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/saude.pdf>>.

Dessa forma, o ensino pode promover o interesse dos estudantes por conectar a ciência com suas aplicações tecnológicas, abordando o estudo das aplicações científicas que tenham uma maior relevância social bem como as implicações sociais e éticas do uso da tecnologia (CAAMAÑO, 1995).

Em relação à proteção radiológica, é de fundamental importância que o aluno entenda como ocorre a interação da radiação com a matéria e para isto elegemos como conceito central de nossa proposta a dualidade onda-partícula. A escolha deste tema deve-se ao fato de que a interação da radiação com a matéria é um processo que, em geral, se dá em escalas microscópicas. Assim, para podermos explicar muitos dos fenômenos típicos desta interação, faz-se necessário, em algumas situações, considerarmos o caráter ondulatório e, em outras, o caráter corpuscular da radiação.

O grande objetivo de nosso projeto foi a produção de um material capaz de facilitar o trabalho de professores e o aprendizado dos alunos no que diz respeito a fenômenos físicos relacionados à Física das Radiações, a partir de uma análise crítica do real entendimento dos alunos do curso Técnico em Radiologia Médica acerca dos conteúdos de Física subjacentes à sua atividade profissional.

Procuramos, também, ao longo do trabalho avaliar a utilidade de um software educacional, do tipo bancada virtual, para explicitar o conceito central da dualidade onda-partícula em situações adversas àquelas comumente encontradas nas salas de aulas de cursos na UFRGS, onde o software já fora utilizado. Atendendo à súmula da disciplina de Proteção Radiológica, introduzimos o uso do software como uma forma de inovar a apresentação dos conteúdos trabalhados, promovendo assim uma reestruturação curricular.

De acordo com a metodologia utilizada, a qual proporciona interação entre os alunos e trabalho colaborativo, apoiamos-nos na teoria sócio-interacionista de Vygotsky, conforme será descrito no capítulo 3 e em relação a abordagem da dualidade onda-partícula, optamos pela formulação ondulatória da Física Quântica, proposta por Schrödinger, já que esta construção é matematicamente análoga à Ótica Ondulatória Clássica.

Na aplicação deste trabalho, procuramos motivar os alunos levando para a sala de aula uma “Física” que estará presente no dia-a-dia de sua profissão, salientando em que ela será útil para a execução de suas atividades. Com isso buscamos oportunizar ao aluno um conhecimento que lhe permita interpretar os fenômenos físicos de uma maneira crítica e participativa e assim desenvolver nestes alunos a compreensão das propriedades físicas que regem o radiodiagnóstico, fazendo com que esses tenham uma formação mais sólida e atualizada.

2 ESTUDOS RELACIONADOS

Procuramos ao longo deste capítulo discorrer em relação à educação profissional, primeiramente, de um modo geral e, em seguida, no que se refere à formação de técnicos em radiologia médica. Para entendermos a essência do que hoje se chama Educação Profissional, julgamos necessário fazer uma retrospectiva desta modalidade de ensino buscando na história alguns fatos que demarcaram seu início, passando pelas mudanças impostas pela legislação educacional vigente até o panorama atual. Ao longo desta retrospectiva destacamos também, a ênfase dada à formação dos docentes que atuam nesta modalidade de ensino, bem como às relações entre trabalho e educação. Tais relações estão, hoje, entre os temas mais explorados quando se trata de educação profissional. Destacam-se nesta área Acácia Kuenzer¹⁰, Celso Ferretti¹¹, Gaudêncio Frigotto¹², Maria Ciavatta¹³, Marise Ramos¹⁴ e Pablo Gentili¹⁵.

2.1 Estudos que tratam sobre a educação profissional no Brasil

No Brasil colonial, o trabalho escravo teve início com a utilização de índios e negros e passou, ao longo do tempo, a ser realizado principalmente e quase que exclusivamente por negros trazidos da África. Então, buscava-se na África, onde a mão de obra era abundante,

¹⁰ Acácia Kuenzer é Doutora em Educação: História, Política, Sociedade pela PUC/SP e atua como Professora Sênior na UFPR. As linhas de pesquisa às quais se inserem seus trabalhos são: Educação e Profissionalização: Políticas e Processos; Economia Política da Educação.

¹¹ Celso Ferretti é Doutor em Educação: História, Política, Sociedade pela PUC/SP, atua como Pesquisador Sênior na Fundação Carlos Chagas e Professor Titular na Universidade de Sorocaba. Seus trabalhos estão direcionados às linhas de pesquisa Educação e Trabalho, Ensino de 2º Grau e Instituições Escolares e Políticas Educacionais.

¹² Gaudêncio Frigotto é Doutor em Educação: História, Política, Sociedade pela PUC/SP. Atualmente é Professor na Faculdade de Educação da UERJ, atuando no Programa Interdisciplinar de Pós-graduação em Políticas Públicas e Formação Humana e Professor Titular colaborador na UFF. Membro, representante do Brasil, no Comitê Diretivo do Conselho Latino-americano de Ciências Sociais de 2003 a 2007 e editor da Revista Eletrônica Trabalho Necessário. Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Fundamentos Econômicos e Políticos da Educação, atuando principalmente nos seguintes temas: Teoria e Concepções de Educação, Trabalho e Formação Humana, Conhecimento e Tecnologia e Políticas Públicas em Educação Profissional, Técnica e Tecnológica.

¹³ Maria Ciavatta concluiu Pós-Doutorado na Università di Bologna, UNIBO, Itália. É Professora Titular na UFF e Professora Visitante contratada na UERJ. Suas linhas de pesquisa são: Educação Técnica na América Latina e Reconstrução Histórica da Relação Trabalho e Educação.

¹⁴ Marise Ramos é Doutora em Educação pela UFF, atua como Professora Adjunta na UERJ, Professora no CEFET de Química de Nilópolis e colaboradora na FIOCRUZ. Realiza pesquisas em Trabalho e Educação na Saúde e Políticas Públicas e Educação.

¹⁵ Pablo Gentili é Doutor em Ciências da Educação pela Universidad de Buenos Aires- Facultad de Filosofía y Letras. Atua como Secretário Executivo Adjunto no Conselho Latino-americano de Ciências Sociais e como Professor Adjunto na UERJ. Tem trabalhos ligados às seguintes linhas de pesquisa: Educação e Políticas Públicas, Políticas Educacionais, Economia da Educação, Neoliberalismo e Reformas Educacionais na América Latina e Conhecimento, Autonomia e Participação.

escravos especializados, como por exemplo, os escravos mais fortes para o trabalho pesado e os mais “bonitos” para as tarefas domésticas. Assim, percebe-se, desde a época da colonização, a noção de especificidade no mundo do trabalho e é neste paradigma que o mesmo foi expandindo-se, culminando, muito tempo depois, com a revolução industrial. Esta, por sua vez, deu início a era tecnológica e levou ao surgimento do ensino técnico no mundo do trabalho.

De acordo com Tavares (2002), podemos dizer que a história do ensino profissional no Brasil teve seu início, quando o presidente da República, Nilo Peçanha, criou as Escolas de Aprendizagem Artífices¹⁶, através do Decreto n. 7.566 assinado em 1909. Tais escolas foram instaladas em 1910 e assim foi implantado oficialmente o ensino técnico no país, com a finalidade de solucionar o problema da formação de mão-de-obra para a indústria. Ainda nesta década, foram instaladas as escolas-oficina, as quais tinham como objetivo a formação de ferroviários. De acordo com o Parecer n. 16/99, tais escolas exerceram importante papel na história da educação profissional brasileira, dando início à organização do ensino profissional técnico na década seguinte.

A educação tradicional preparava para os cursos superiores e atendia a burguesia, elite da sociedade, sendo destinada, portanto, à formação daqueles que comandavam o processo de produção, enquanto que o ensino técnico, visto como de caráter assistencialista, preparava mão-de-obra especializada e era dirigida às classes sociais desfavorecidas.

Segundo Depresbiteris (2000), em seu artigo “Educação Profissional: Seis Faces de um Mesmo Tema”, a origem da Educação Profissional no Brasil traz implícita características presentes na Grécia Antiga - a separação entre o trabalho manual e o trabalho intelectual. De acordo com o pensamento grego, a teoria era sinônimo de atividade contemplativa, própria dos intelectuais; a prática era sinônimo de ação e cabia aos escravos.

Ao longo da história, esta separação sempre esteve presente, existindo de um lado os defensores dos direitos à educação por parte dos trabalhadores de modo integral e de outro aqueles que temiam que isso acontecesse.

A década de 1920 foi marcada por debates que propunham a extensão da oferta da educação profissional a todas as camadas da população e também pela criação da ABE (Associação Brasileira de Educação), que se encarregou de difundir as idéias do movimento renovador da educação brasileira, principalmente através das Conferências Nacionais de Educação.

¹⁶ Estas escolas deram início à rede federal de ensino que teve seu auge com as escolas técnicas federais e, agora, com os CEFETs.

Na década de 1930, o marco foi a criação do Conselho Nacional de Educação e a efetivação da reforma educacional Francisco Campos, a qual prevaleceu até 1942. Mais precisamente, em 1931, foi aprovado um conjunto de leis, chamadas Leis Orgânicas de Ensino¹⁷, também conhecidas como Reforma Capanema, a qual nos permite observar sua enorme contribuição para a consolidação da estrutura elitista e subdividida no ensino brasileiro: formação da elite, socializada, para o mundo das idéias e formação dos desfavorecidos para o mundo produtivo (BIAGINI, 2005).

O ano de 1932 pode ser considerado como o ano do surgimento das primeiras preocupações com políticas públicas dirigidas à educação, o que ocorreu com o lançamento do Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova. De acordo com Brasil (1999, p. 10), este manifesto demonstrava uma grande preocupação com a oferta da educação, uma vez que sua proposta era:

[...] a organização de uma escola democrática, que oferecesse as mesmas oportunidades para todos e que, sobre a base de uma cultura geral comum, de forma flexível, possibilitasse especializações para as atividades de preferência intelectual (humanidades e ciências) ou de preponderância manual e mecânica (cursos de caráter técnico).

A partir da Reforma Capanema, houve a transformação das Escolas de Aprendizes Artífices em Escolas Técnicas Federais e também foram criadas entidades de atuação específica, como o SENAI, em 1942, e o SENAC, em 1946. Nesta época, surgem as primeiras preocupações com a formação dos docentes para atuar na formação de nível técnico. Entre 1940 e 1961, as escolas técnicas ofereciam cursos de didática, que não eram obrigatórios, mas serviam como facilitadores para a ocupação de cargos na rede de ensino (PETEROSSO, 1994). As Leis orgânicas da reforma Capanema, em 1942, procuraram articular o surgimento dos sistemas de educação profissional às estruturas governamentais, promovendo a organização do quadro docente através da seleção e formação dos professores em cursos de didática.

O panorama das relações entre educação e trabalho, vivido nas décadas de 1950 e 1960, considerava que a educação devia estar preocupada em desenvolver as capacidades intelectuais, desconsiderando as necessidades do sistema produtivo e, o trabalho, acolhia toda a mão-de-obra preparada em cursos de formação específica. Assim, a educação profissional

¹⁷ Em relação à educação profissional, destaca-se na Reforma Capanema o Decreto Federal n. 20.158/31, que organizou o ensino profissional comercial e regulamentou a profissão de contador. Sua importância está no fato de ser o primeiro instrumento legal a estruturar cursos já incluindo a idéia de itinerários de profissionalização.

estava ligada à necessidade de mão-de-obra em determinados setores e dessa forma, os cursos profissionalizantes eram criados conforme a necessidade na “linha de produção”.

As idéias liberais que caracterizaram a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional de 1961, no que se refere à educação profissional, tiveram como ponto positivo a equivalência dos cursos técnicos ao ensino secundário, permitindo que os alunos com formação técnica ingressassem nos cursos de nível superior. Esta conquista, na verdade, teve início a partir de 1953, quando ficou estabelecido em lei que os cursos técnicos industriais, possibilitavam aos seus alunos o ingresso em cursos superiores, nas áreas de Física, Matemática, Química, Engenharia, Química Industrial, Desenho e Arquitetura, desde que o pretendente a uma vaga demonstrasse ter concluído as disciplinas de cultura geral na formação técnica.

Quanto à formação dos professores da educação profissional, a LDB/61 passou a exigir que esta fosse específica, além do curso técnico e da graduação. Esta formação seria oferecida através de cursos especiais de educação técnica. Esta proposta surge da aproximação entre o ensino técnico e a educação formal.

Na mesma década, em 1968, através da Lei n. 5.540/68, ficou estabelecido que a formação dos professores do ensino secundário¹⁸ deveria ser de nível superior. De acordo com Lima¹⁹ (2005, p. 79) “ênfatiza-se uma problemática histórica na formação de professores de ensino técnico, haja vista que as universidades não estavam preparadas para atuarem na formação para este nível de ensino.”

Logo em seguida e com fortes tendências tecnicistas, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei n. 5.692/71) surgiu para diminuir a distância entre educação e trabalho, através da tentativa de implantação do ensino profissionalizante no ensino secundário, visando à formação de capital humano a fim de promover o crescimento econômico. No entanto, esta tentativa de união da educação acadêmica à profissional não se concretizou na prática, pois as condições existentes não eram favoráveis (recursos humanos especializados eram escassos, não existiam nem equipamentos e nem instalações apropriadas) e o que se observou foi o surgimento de vários cursos sem investimentos apropriados e jogados dentro de um ensino médio de baixa qualidade e com uma máscara de profissionalizante. Outro motivo para o fracasso de tal medida foram as pressões por parte da sociedade para que tal fusão não ocorresse (a elite não admitia que seus filhos recebessem

¹⁸ Nesta época o ensino técnico estava vinculado ao ensino médio e o nível de ensino era chamado de secundário.

¹⁹ Cantaluze Mércia Ferreira Paiva de Barros Lima, em sua dissertação de mestrado “A identidade docente no ensino técnico: as marcas do saber-ser, do saber-tornar-se professor”, apresentada ao programa de pós-graduação em educação da Universidade Federal de Pernambuco em 2005, faz um estudo histórico da legislação referente a formação docente para o ensino técnico.

uma educação que preparava para a execução de atividades manuais). Esta mentalidade, característica da sociedade brasileira desde o surgimento da educação profissional em nosso país, persiste até hoje.

De acordo com Cunha (2000, p. 183), “na década de 1970 foi editado o Caderno de Profissões, que era distribuído de forma gratuita e trazia comentários sobre as profissões de nível médio e entrevistas que procuravam valorizar a educação técnica apontando para a existência de excelentes oportunidades de trabalho.”

Em relação à formação docente, em 1971, foi criado o Departamento do Ensino Médio e a partir de então houve a elaboração de um plano integrado de formação dos docentes do ensino técnico, dando origem aos cursos de formação de professores, chamados Esquema I e Esquema II. Finalmente, nos anos 80, a partir do Decreto n. 299/82 as Instituições Superiores de Ensino passaram a oferecer as licenciaturas e os cursos de Esquema de forma regular.

Como se pode ver, a formação dos docentes da educação profissional foi, e ainda é, uma pedra no sapato das políticas de formação criadas pelos governos, uma vez que, segundo Peterossi (1994, p. 69) “nunca houve uma proposta de formação realmente consistente em relação a esses professores”.

Enquanto as universidades estavam isentas da formação dos docentes da educação profissional, tal finalidade foi destinada às instituições como o CENAFOR (Centro Nacional de Aperfeiçoamento de Pessoal para a Formação Profissional) e o Conselho Federal de Educação. O reflexo deste distanciamento, hoje, é “a não produção de um saber, uma cultura e de um fazer capazes de subsidiar criticamente o ensino técnico, a partir de experiências acumuladas ao longo dos anos” (op. cit., p. 9). Assim, a formação dos professores da educação profissional caminha a passos lentos, pois os cursos de licenciaturas que temos não estão preparados para capacitar os futuros professores para os desafios que irão enfrentar na educação profissional.

A partir da Lei n. 7.044/82, foi declarada facultativa a oferta do ensino profissional nos estabelecimentos de ensino, cedendo assim às pressões da sociedade através dos alunos e de instituições que antes preparavam candidatos exclusivamente para o ingresso na educação superior.

Enquanto uma lei procurava sanar problemas do sistema educacional de um lado, por outro lado uma segunda lei trazia prejuízos ao mesmo. A Lei n. 5.692/71 fixava que a carga horária mínima prevista para o ensino técnico de 2º grau, que era de 2200 horas, fosse destinada principalmente à parte especial da educação em relação à geral, enquanto que a Lei n. 7.044/82, ao por fim à profissionalização compulsória, considerou que as 2200 horas dos

cursos não profissionalizantes fossem ocupadas com formação geral (FRIGOTTO et. al, 2004). Dessa forma, os estudantes do ensino técnico ficaram sem uma formação básica por completo, o que era vantagem para os alunos de cursos propedêuticos, uma vez que teriam maiores chances de ingressarem na educação de nível superior.

O que definiu os rumos a serem seguidos pela educação brasileira desde a metade dos anos setenta até a década de oitenta foi a revolução tecnológica que aqui chegou, impondo novos modelos de produção e prestação de serviços. Assim, fez-se necessário a exigência da educação básica para todos os trabalhadores, educação profissional básica para aqueles que não tinham qualificação, qualificação profissional de técnicos e educação continuada para aperfeiçoamento, especialização e requalificação dos trabalhadores. A finalidade de tais exigências era criar profissionais polivalentes, com capacidade de interação em situações novas e em constante mutação, pois as empresas passaram a demandar trabalhadores cada vez mais qualificados (BRASIL, 1999).

As reformas no ensino médio e na educação profissional impostas pela LDB²⁰ (Lei n. 9.394/96) e pelo Decreto Federal n. 2.208/97 tiveram como inovação, entre outros aspectos, a separação do ensino técnico-profissional do ensino médio em geral. Conforme o capítulo III desta lei, nos artigos 39 e 40, temos:

Art. 39. A educação profissional, integrada às diferentes formas de educação, ao trabalho, à ciência e à tecnologia, conduz ao permanente desenvolvimento de aptidões para a vida produtiva.

Parágrafo único. O aluno matriculado ou egresso do ensino fundamental, médio e superior, bem como o trabalhador em geral, jovem ou adulto, contará com a possibilidade de acesso à educação profissional.

Art. 40. A educação profissional será desenvolvida em articulação com o ensino regular ou por diferentes estratégias de educação continuada em instituições especializadas ou no ambiente de trabalho.

Assim, a educação profissional passou a ser tratada como complemento à educação de caráter geral e com esta separação esperava-se que os alunos que procurassem este tipo de formação fossem aqueles realmente interessados em seguir uma carreira de nível técnico.

Esta separação resgata elementos presentes na educação oferecida durante o Brasil colonial, formalizando um sistema paralelo ao ensino secundário, conforme pode ser visto no artigo “Educação profissional no Brasil: da industrialização ao século XXI” (SILVEIRA, 2006). Dessa forma, é possível identificar os preceitos de divisão social do trabalho, divisão

²⁰ O termo educação profissional foi introduzido a partir da LDB/96, em seu capítulo III, artigo 39. Nos referimos à educação profissional no transcórre do texto, mesmo antes desta lei, por representar uma expressão mais atual.

entre trabalho manual e trabalho intelectual e a idéia de que deve haver uma educação para a classe dominante e outra para a classe trabalhadora.

Esta herança pode ser encontrada em vários trechos de documentos que tratam da educação profissional. Percebe-se com clareza a preocupação com o uso da expressão “educação profissional” quando SETEC/MEC (2004, p. 11) salienta que este termo

[...] introduziu uma ambigüidade no que tange ao entendimento básico da educação, conduzindo ao reducionismo de compreender a educação no seu sentido mais amplo e interpretar suas atividades como formação profissional.

Várias são as expressões que tentam, através da história, imprimir significado à educação profissional: ensino profissional, formação profissional ou técnico-profissional, educação industrial ou técnico-industrial, qualificação, requalificação e capacitação.

A nosso ver, não só a expressão utilizada tenta resgatar a importância desta modalidade da educação, mas também a própria legislação educacional, que ao longo dos anos, numa sucessão de erros e acertos, vem pelo menos tentando consertar as falhas do passado. O reducionismo imposto no nome “curso técnico” ou “educação profissional” só existe e sempre existirá porque se criou uma ideologia de que tal modalidade de ensino é inferior às demais.

Os cursos direcionados à formação técnica, infelizmente, ainda são considerados de valor inferior pela sociedade quando comparados ao nível superior, persistindo, ainda que de maneira inconsciente, a idéia de que a formação técnica é destinada aos menos favorecidos, àqueles que por algum motivo não ingressarão em uma universidade. É muito comum, numa conversa despreziosa em relação ao futuro dos filhos, ouvirmos os pais dizerem que estes deverão ir para a faculdade. Este discurso acaba ignorando as possíveis escolhas dos filhos que nem sempre buscam um curso superior. Para estes, é importante uma formação de qualidade, que lhes possibilite igualdade de condições frente aos desafios de um mundo moderno.

Seria necessário ampliar o acesso aos vários níveis de escolaridade, buscando formar cidadãos ao invés de apenas visar o mercado de trabalho, como acontece atualmente. Uma escola, para cumprir a sua função de transformadora da sociedade, precisa antes de tudo investir na formação integral do sujeito, para que este possa ser o sujeito desta transformação. Defendemos aqui a visão de escola como formadora para a vida, que valorize a realidade do seu educando a fim de possibilitar a ele a construção de conhecimentos que lhe sirvam de suporte na busca de uma formação integral (PAULO FREIRE, 1996).

Continuando com as reformas da década de 1990, o Decreto n. 2.208 de 17 de abril de 1997, e a Portaria do Ministério da Educação e do Desporto n. 646 de 14 de maio de 1997, redefiniram o ensino médio e separaram mais uma vez a formação acadêmica da formação profissional. Com isso, as escolas técnicas passaram a formar seus alunos para duas finalidades, agora explícitas: formar o técnico para o mercado de trabalho e formar o candidato ao ensino superior.

Ao longo dos anos as escolas que ofereciam ensino técnico se firmaram como alternativa para a qualificação profissional dos jovens, pois o tempo empregado para tal finalidade era menor (MENDES, 2003). Isso era uma grande vantagem para aqueles que precisavam entrar no mercado de trabalho mais rápido e por trás disso ainda era possível conter o número de matrículas no ensino superior. Na década de 90 houve um expressivo aumento no número de concluintes do ensino médio, o mesmo não acontecendo com o número de vagas nas universidades.

Outra inovação no ensino técnico é a sua organização em módulos, que depois de cursados, dão direito à certificação equivalente, permitindo a imediata atuação no mercado de trabalho.

A partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei n. 9.394/96) a Educação Profissional passou a ser considerada complementar à Educação Básica, podendo ser oferecida em escolas, instituições especializadas ou até mesmo no próprio ambiente de trabalho. A desvinculação entre o ensino médio e o ensino profissional procura fazer com que o aluno tenha primeiro uma formação sólida que lhe permita, mais adiante, dirigir seus estudos para determinada área que lhe interesse no mercado de trabalho, porém, esta separação ainda apresenta resquício do distanciamento entre teoria e prática. Temos a impressão de que ao ensino médio cabe a função de dar todo o aporte teórico e a educação profissional viria a seguir, incrementando conhecimentos práticos decorrentes de saberes técnicos relacionados à determinada profissão. Assim, o aluno é deslocado do processo de formação enquanto pessoa e percebe-se como um indivíduo em treinamento.

Nesta nova organização do sistema educacional, a educação profissional é formada por três níveis: básico, técnico e tecnológico. O nível básico tem o objetivo de qualificar, requalificar e reprofissionalizar trabalhadores a partir de um currículo que se adapte às necessidades e especificidades do mercado de trabalho. Os cursos deste nível estão divididos em qualificação e/ou requalificação e aperfeiçoamento e/ou formação continuada. Os cursos de qualificação e/ou requalificação têm carga horária variável entre 30 e 180 horas, enquanto que, os cursos de aperfeiçoamento e/ou formação continuada têm carga horária entre 180 a

360 horas. Estes estão estruturados na forma de módulos, com o propósito de formar as competências e habilidades exigidas para determinada função.

O nível técnico da educação profissional tem a finalidade de proporcionar habilitação aos alunos que estão cursando o ensino médio (concomitante) e aos que já concluíram (seqüencial ou pós-médio), deixando transparecer o caráter dual do ensino médio. Conforme o Decreto n. 2.208/97

Art. 8º Os currículos do ensino técnico serão estruturados em disciplinas, que poderão ser agrupadas sob a forma de módulos.

§1º No caso de o currículo estar organizado em módulos, estes poderão ter caráter de terminalidade para efeito de qualificação profissional, dando direito, neste caso, a certificado de qualificação profissional.

Esta organização é feita de acordo com as áreas profissionais, levando em consideração as características de cada área, as competências profissionais e as cargas horárias mínimas para cada habilitação.

O nível tecnológico é destinado a quem já concluiu o ensino médio ou técnico e equivale ao nível superior, porém na modalidade de educação profissional. O egresso do nível tecnológico é considerado tecnólogo e sua formação é específica em determinada área, ao contrário da educação superior.

A partir de críticas e de debates envolvendo estudiosos da área educacional acerca desta última reforma, surgiu o Decreto n. 5.154/04, com a finalidade de complementar a LDB/96 em seus artigos 36 (§ 2º), 39, 40 e 41, além de revogar o Decreto n. 2.208/97, tornando facultativo às instituições de ensino a oferta da educação profissional técnica de nível médio em articulação com o ensino médio. O Decreto n. 5.154/04 definiu novas orientações para a organização da educação profissional, a qual será desenvolvida através de cursos e programas de formação inicial e continuada de trabalhadores; educação profissional técnica de nível médio; e educação profissional tecnológica, de graduação e de pós-graduação.

Diante desta grande reforma da educação brasileira, destacamos as orientações dadas quanto à necessidade de desenvolver competências, afastando-se assim do conceito de qualificação profissional. As mudanças no sistema educacional no Brasil, a partir dos anos 90, foram orientadas segundo a noção de competências, denotando as exigências de qualidade, produtividade e valorização dos trabalhadores (RAMOS, 2001). Assim, o sistema de ensino passa a oferecer uma formação profissional visando o “tornar-se capaz de”, onde o trabalhador possa expressar suas competências em situações reais de aprendizagem e de trabalho. Estas competências são expressas em termos do “saber-fazer”.

A escola atual ainda oferece um ensino que permite aos alunos o acúmulo de saberes que lhe permitam a aprovação ao final do ano e, quem sabe o sucesso nos vestibulares. Porém, o que deveria ocorrer é a oferta de uma educação capaz de lhe proporcionar conhecimento que o torne um sujeito crítico, conhecedor de sua sociedade e auto-suficiente na resolução de problemas. Dessa forma e, conforme regulamentado pela legislação, o conceito de competências assume caráter determinante na elaboração das diretrizes e referenciais curriculares para a educação, tanto em nível médio quanto profissional. Quanto à educação profissional, que é nosso objeto de estudo, o Decreto n. 2.208/97, um dos documentos que regulamentaram as reformas educativas²¹ dos anos 90, aponta que:

Art. 1º A educação profissional tem por objetivos:

I - promover a transição entre a escola e o mundo do trabalho, capacitando jovens e adultos com conhecimentos e habilidades gerais e específicas para o exercício de atividades produtivas;

II - proporcionar a formação de profissionais, aptos a exercerem atividades específicas no trabalho, com escolaridade correspondente aos níveis médio, superior e de pós-graduação;

III - especializar, aperfeiçoar e atualizar o trabalhador em seus conhecimentos tecnológicos;

IV - qualificar, reprofissionalizar e atualizar jovens e adultos trabalhadores, com qualquer nível de escolaridade, visando a sua inserção e melhor desempenho no exercício do trabalho.

Devido a esta forte ligação entre educação e trabalho e a necessidade de profissionalização exigida, os currículos escolares passaram a ser organizados em função da construção de competências, na busca de atender às exigências do mercado de trabalho.

Frente a todas as reestruturações pelas quais passou a educação, compartilhamos da opinião que esta sempre teve objetivos concretos e ditados pela estrutura econômica e social e pelos ideais da época em que se desenvolve.

A partir da LDB/96 foi inserido o conceito de competências e habilidades na educação brasileira. Será que este novo conceito está bem claro? O que significam realmente as competências e habilidades?

De acordo com a resolução CNE/CEB n. 4/99, em seu artigo 6º, entende-se por competência profissional a capacidade de mobilizar, articular e colocar em ação valores, conhecimentos e habilidades necessários para o desempenho eficiente e eficaz de atividades requeridas pela natureza do trabalho. No anexo A, encontra-se um trecho de tal resolução com a caracterização da área da saúde e as competências profissionais do técnico da área da saúde a serem desenvolvidas.

²¹ Estas reformas estão também caracterizadas nos textos da LDB de 1996 e no Decreto Lei n. 646/97.

Na literatura mais específica na área, encontramos em Perrenoud (1999, p. 7) que competência é *“a capacidade de agir eficazmente em um determinado tipo de situação apoiada em conhecimentos, mas sem limitar-se a eles. Para enfrentar uma situação da melhor maneira possível, deve-se, via de regra, pôr em ação e em sinergia vários recursos cognitivos complementares entre os quais estão os conhecimentos.”*

Segundo a pedagogia das competências, a definição à qual nosso trabalho melhor se ajusta é dada por Kuenzer (2003, p. 17). De acordo com esta autora, as competências podem ser vistas como *“a capacidade de agir, em situações previstas e não previstas, com rapidez e eficiência, articulando conhecimentos tácitos e científicos à experiências de vida e laborais vivenciadas ao longo de histórias de vida”*.

Dessa forma, colocar em prática as competências significa *“solucionar problemas, mobilizando conhecimentos de forma transdisciplinar e comportamentos e habilidades psicofísicas e transferindo-os para novas situações; supõe-se, portanto, a capacidade de atuar mobilizando conhecimentos”* (ibid).

A adequação ao modelo das competências requer uma modificação tanto na organização curricular quanto nas metodologias adotadas em sala de aula. O professor deve atuar como um orientador, cabendo a ele a tarefa de monitorar e auxiliar os alunos durante o processo de aprendizagem, despertado por situações-problema centrais.

Segundo Ramos (2002, p. 408), na pedagogia das competências, os conteúdos abordados nas disciplinas assumem uma nova finalidade,

[...] deixariam de ser fins em si mesmos para se constituírem em insumos para o desenvolvimento de competências. Esses conteúdos são denominados como bases tecnológicas, agregando conceitos, princípios e processos. Compreende-se serem decorrentes de conceitos e princípios das ciências da natureza, da matemática e das ciências humanas, numa relação claramente linear e de precedência do conhecimento científico ao tecnológico.

O cenário atual ainda é de mudanças e adaptações, tanto em relação a oferta de cursos que visam a profissionalização, quanto à organização dos currículos da educação profissional. No que se refere à oferta de cursos, temos instituições que optaram por ofertar a educação profissional técnica de nível médio articulada ao ensino médio e outras que optaram pela oferta do ensino integrado e da educação profissional concomitante ao ensino médio, àqueles que freqüentam este último, em outra escola. Em relação à adaptação ao modelo de competências, foram editadas as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação

Profissional, tornando necessária uma reestruturação dos currículos, exigindo dos docentes a elaboração de novas estratégias de ensino e avaliação do processo de aprendizagem.

Uma nova alternativa foi proposta pela Lei de Diretrizes e Bases/96, destinando, também, aos Institutos Superiores de Educação a formação desses docentes. É interessante ressaltar que nem mesmo para os órgãos do governo está bem clara a questão da formação dos docentes da educação profissional.

Tendo em vista a concepção, acompanhamento e controle da educação profissional e sendo esta uma parte do processo integral de formação dos trabalhadores é necessária à elaboração de políticas públicas que orientem o curso deste nível de ensino. Assim, foi elaborado o documento “Políticas públicas para a educação profissional e tecnológica – proposta em discussão”. Conforme este documento, SETEC/MEC (2004, p. 35 - 36) lemos no item 7.4, o qual trata da formação de docentes, detectamos em seu texto alguns pontos que permanecem em aberto.

A falta de recursos humanos qualificados é, sem dúvida, um grande entrave para a melhoria da qualidade e da expansão da educação profissional.

Considerando a falta de professores licenciados para as disciplinas específicas, esses professores precisariam ingressar em cursos de nível superior. Faltam também professores com condições de atuar na gestão das instituições e do sistema.

Quanto à formação de novos docentes, é oportuno destacar que: os cursos de graduação nas universidades não qualificam professores para a educação profissional; os cursos de pedagogia não trabalham com questões relativas ao trabalho e à educação profissional; a diversidade de cursos e habilitações não permite a oferta de cursos específicos por área.

No que tange à pós-graduação, há poucas oportunidades, custos elevados e restrições por parte das instituições quanto à liberação dos docentes; o afastamento de professores para capacitação gera dificuldades para as instituições que têm número reduzido de docentes e impossibilidade de contratarem substitutos.

Este trecho deixa bem claro o quanto persiste em aberto a questão da formação dos docentes da educação profissional. Este documento (op. cit., p. 50) propõe o desenvolvimento de ações que possibilitem a resolução da problemática por trás desta questão. Destacamos a seguir aquelas que julgamos mais importantes.

- Estabelecer uma política de formação de professores para a educação profissional e tecnológica.
- Efetivar um programa nacional de capacitação de docentes em serviço, coordenado pelo Ministério da Educação e em parceria com os estados, inclusive utilizando a educação a distância, organizado de maneira confiável e supervisionado pelo próprio Ministério da Educação, que estabelecerá mecanismos de acompanhamento e avaliação.
- Criar possibilidades de formação inicial e continuada para os professores, evitando-se o erro constante da improvisação.

- Avaliar os programas existentes e intercambiar experiências de formação docente, com vistas a se evitar a sobreposição de ações numa mesma região e mais bem aproveitar os recursos públicos.
- Rever a legislação em vigor (Resolução CNE n. 2/97), que trata dos programas especiais de formação pedagógica para docentes, especificamente no que tange à carga horária e à habilitação por disciplinas, propondo que seja por áreas de formação.
- Rever as licenciaturas, que poderão ser organizadas com uma base comum ou geral de conhecimentos (que supere a antiga visão do Esquema I) e uma base específica associada a uma área de atuação mais ampla.
- Estruturar a licenciatura estimulando que o técnico ou profissional liberal seja formado para ser professor por meio de licenciatura plena para os portadores de diploma de ensino técnico de nível médio ou de formação pedagógica especial para aqueles que já têm diploma de nível superior.
- Incentivar a pós-graduação e, para tanto:
 - a) Democratizar o acesso a esses cursos para os profissionais que já atuam na educação com a abertura de novas vagas.
 - b) Expandir o programa de mestrado interinstitucional da Capes.
 - c) Desenvolver um Programa Institucional de Capacitação Docente e Técnica (PICDT), para a educação profissional e tecnológica.
 - d) Conceder incentivos financeiros para organizar cursos de pós-graduação na própria instituição.
 - e) Criar mecanismos institucionais para a contratação de professores que substituam os que se afastam para a capacitação.
 - f) Organizar núcleos de capacitação de docentes por região (especialização, mestrado, inclusive o profissional, e doutorado).
 - g) Apoiar a criação de linhas de pesquisa aplicada sobre as questões que envolvem a educação profissional e tecnológica nos programas de pós-graduação das redes públicas, bem como promover a devida articulação com os núcleos de pesquisa desenvolvidos pelas universidades, especificamente pelas faculdades de educação, no que tange às relações da educação com o trabalho.
 - h) Oferecer progressivamente condições aos Cefets para formar os docentes de educação profissional e tecnológica por meio de cursos de pós-graduação. Inicialmente, eleger alguns por região dotando-os de investimentos necessários em infra-estrutura e recursos humanos para desempenhar as funções de formadores de professores. Articular-se com outros Conselhos Nacionais e Conselhos Regionais de Classe com vistas a organizar programas de formação de docentes.

Esta vasta lista de sugestões parece ser a solução para a problemática que envolve a formação dos docentes da educação profissional e certamente exigiria do governo muitos esforços tanto políticos como financeiros para sua concretização. No entanto, até o momento, não temos visto muitos progressos em relação a esta questão, de modo que a formação de tais docentes permanece como uma questão em aberto.

Em alguns trechos da resolução CNE n. 2/97 acima citada, observamos a seguinte redação:

Art. 1º A formação de docentes no nível superior para as disciplinas que integram as quatro séries finais do ensino fundamental, o ensino médio e a educação profissional em nível médio, será feita em cursos regulares de licenciatura, em cursos regulares para portadores de diplomas de educação superior e, bem assim, em programas especiais de formação pedagógica estabelecidos por esta Resolução.

Parágrafo único. Estes programas destinam-se a suprir a falta nas escolas de professores habilitados, em determinadas disciplinas e localidades, em caráter especial.

Art. 4º O programa se desenvolverá em, pelo menos, 540 horas, incluindo a parte teórica e prática, esta com duração mínima de 300 horas.

§ 1º Deverá ser garantida estreita e concomitante relação entre teoria e prática, ambas fornecendo elementos básicos para o desenvolvimento dos conhecimentos e habilidades necessários à docência, vedada a oferta da parte prática exclusivamente ao final do programa.

§ 2º Será concedida ênfase à metodologia de ensino específica da habilitação pretendida, que orientará a parte prática do programa e a posterior sistematização de seus resultados.

Art. 10 O concluinte do programa especial receberá certificado e registro profissional equivalentes à licenciatura plena.

Em relação a esta resolução, observamos grande semelhança entre a proposta de formação com os cursos de Esquema, onde os professores eram preparados em caráter de emergência para preencher as vagas existentes no quadro docente das instituições de educação profissional. Parece-nos uma medida que tem apenas a finalidade de satisfazer a legislação educacional vigente, uma vez que se observa que o texto expõe a preocupação com a habilitação do profissional, dando a impressão de ser esta a única preocupação, e não com sua capacitação. Esta medida ainda propõe uma formação fragmentada, por disciplinas, enquanto que os cursos da educação profissional são organizados por áreas de atuação, dando-nos também a idéia de contradição com as propostas de formação dos alunos.

A formação por áreas, ao invés de disciplinas, levaria o professor a ter uma visão mais integralizadora do processo de formação do aluno, dando-lhe uma visão mais abrangente de sua área de atuação, favorecendo sua prática em sala de aula por deter o conhecimento acerca de várias disciplinas. Com uma formação limitada, por disciplinas, o professor certamente não estará capacitado para desenvolver nos alunos as competências exigidas em cada área de atuação e preconizadas pela própria legislação educacional.

Ao longo de várias leituras, temos observado uma preocupação com a educação profissional, porém em nível básico esta parece abandonada, uma vez que não existem diretrizes para este nível de ensino, dando a impressão que ele tem menor importância que os demais. Este abandono também pode ser observado nas instituições que oferecem educação profissional, uma vez que estas dão prioridade aos cursos de nível técnico e tecnológico, ignorando a necessidade de formação das camadas excluídas da população, que também têm direito a uma preparação para o trabalho. Assim, fica ainda mais claro que é o mercado de trabalho quem define o caminho a ser seguido pelas instituições de ensino.

Devido ao crescimento econômico do país, que segundo o IBGE é estimado em 4,5% para 2008, é preciso pessoal especializado para a execução e coordenação dos processos de

produção em todas as áreas profissionais. Como podemos observar, na tabela 2.1.1, Brasil (2006a, p. 10) temos um comparativo do número de matrículas e estabelecimentos de Educação Profissional, no Brasil, no período de 2003 a 2005.

Tabela 2.1.1 - Estabelecimentos e matrículas da educação profissional de nível médio, Brasil, 2003 - 2005

Ano	Número de estabelecimentos	Varição em relação ao ano anterior (%)	Número de matrículas	Varição em relação ao ano anterior (%)
2003	2.789	-	589.383	-
2004	3.047	9,3	676.093	14,7
2005	3.294	8,1	747.892	10,6

Fonte: MEC/INEP – Censo Escolar 2003 a 2005

Pelos dados apresentados, podemos ver que houve uma expressiva expansão da Educação Profissional técnica de nível médio, com um crescimento de quase 27% no número de matrículas no período de 2003 a 2005, verificando-se também, para este período, um aumento em torno de 18% no número de estabelecimentos que oferecem esta modalidade de ensino.

Na tabela 2.1.2, Brasil (2006a, p. 12) podemos observar como está distribuído o número de matrículas entre as 20 áreas profissionais da modalidade de educação profissional no mesmo período.

Tabela 2.1.2 - Matrículas da Educação Profissional, por ano, segundo a área profissional, Brasil, 2003 - 2005

Área Profissional	Matrículas da Educação Profissional					
	2003		2004		2005	
	n	%	n	%	n	%
Brasil	589.383	100,0	676.093	100,0	747.892	100,0
Agropecuária	39.135	6,6	46.239	6,8	50.485	6,8
Artes	5.782	1,0	5.625	0,8	8.190	1,1
Comércio	6.676	1,1	6.683	1,0	5.522	0,7
Comunicação	4.063	0,7	5.005	0,7	8.242	1,1
Construção Civil	13.767	2,3	14.025	2,1	14.379	1,9
Desenvolvimento Social e Lazer	6.733	1,1	18.605	2,8	18.632	2,5
Design	5.997	1,0	7.625	1,1	7.413	1,0
Geomática	1.403	0,2	1.145	0,2	1.399	0,2
Gestão	87.407	14,8	89.418	13,2	110.849	14,8
Imagem Pessoal	963	0,2	579	0,1	1.052	0,1
Indústria	109.559	18,6	114.741	17,0	132.976	17,8
Informática	82.969	14,1	89.748	13,3	89.630	12

Meio-Ambiente	6.618	1,1	8.410	1,2	11.084	1,5
Mineração	1.318	0,2	1.588	0,2	2.480	0,3
Química	18.068	3,1	21.580	3,2	26.142	3,5
Recursos Pesqueiros	358	0,1	172	0,0	122	0,0
Saúde	174.073	29,5	220.081	32,6	235.605	31,5
Telecomunicações	12.536	2,1	11.811	1,7	9.842	1,3
Transportes	1.378	0,2	2.236	0,3	1.891	0,3
Turismo e Hospitalidade	10.580	1,8	10.777	1,6	11.957	1,6

Fonte: MEC/INEP/DEEB - Censo Escolar de 2003 a 2005

Podemos observar pela tabela 2.1.2 um expressivo aumento na procura por cursos na área da saúde, visto que esta área profissional manteve um número de matrículas consideravelmente maior do que as demais áreas individualmente. Em seguida, vem a indústria e a informática, que ao longo dos anos tiveram um mercado de trabalho em expansão nestas áreas.

Todos estes dados demonstram a grande procura pelos cursos de educação profissional e, com um público tão expressivo, fica evidente a necessidade de políticas que possibilitem uma melhor formação para estes profissionais e incentivos que visem sua inserção no mercado de trabalho.

A população manifesta sua necessidade de trabalho desde cedo, conforme podemos observar na tabela 2.1.3, Brasil (2006a, p. 15), que apresenta uma distribuição do número de matrículas na Educação Profissional, por ano, de acordo com a faixa etária, no período de 2003 a 2005.

Tabela 2.1.3 - Matrículas da Educação Profissional, por ano, segundo a faixa etária, Brasil, 2003 - 2005

Faixa Etária	Matrículas na Educação Profissional					
	2003		2004		2005	
	n	%	n	%	n	%
Brasil	589.383	100,0	676.093	100,0	707.263	100,0
Menos de 15 anos	7.054	1,2	10.386	1,5	10.603	1,5
De 15 a 19 anos	212.082	36,0	235.807	34,9	229.698	32,5
De 20 a 24 anos	183.082	31,1	202.824	30,0	217.023	30,7
De 25 a 29 anos	84.371	14,3	100.129	14,8	111.590	15,8
De 30 a 39 anos	71.260	12,1	86.704	12,8	93.190	13,2
Mais de 39 anos	31.534	5,4	40.243	6,0	45.159	6,4

Fonte: MEC/INEP/DEEB – Censo Escolar 2003 a 2005

Ao longo do período considerado, o número de matrículas na faixa etária de 15 a 19 anos se manteve sempre maior que nas demais, apesar de haver uma pequena diminuição entre os anos de 2004 e 2005. Enquanto isso, o número de matrículas compreendendo a faixa

etária de 20 até mais de 39 anos manteve um crescimento positivo em todo o período. Estas variações podem ser atribuídas às exigências do mercado de trabalho, que requer experiência e qualificação de seus trabalhadores e à necessidade de inserção rápida no mundo do trabalho. Também cabe salientar que os cursos técnicos na área da saúde, os quais exigem a idade mínima de 18 anos para ingresso, podem ter alguma participação na distribuição dos dados desta tabela, já que, conforme demonstram os dados da tabela 2.1.2, esta área teve um grande número de matrículas no período analisado.

Nas seções seguintes deste trabalho, trata-se da formação de técnicos na área da saúde, mais especificamente na subárea “Radiologia e Diagnóstico por Imagem em Saúde”, onde se insere os cursos técnicos em Radiologia Médica, nosso objeto de estudo.

2.2 Formação de técnicos em radiologia médica

De acordo com os dados apresentados anteriormente na tabela 2.1.2, a área da saúde figura atualmente como a de maior procura na modalidade de educação profissional. Fazendo uma busca na literatura em relação a esta área profissional, encontramos vários trabalhos que tratam da formação nesta área, porém, quase que a totalidade destes está direcionada à formação na subárea Enfermagem. Com um caráter mais geral em relação aos trabalhadores na área da saúde citamos o relatório “Trabalhadores Técnicos em Saúde: formação profissional e mercado de trabalho”, apresentado no ano de 2003 pela Estação de Trabalho Observatório²² dos Técnicos em Saúde no qual é apresentado um estudo quantitativo em relação à situação da educação profissional em Saúde no Brasil, bem como a participação desses profissionais no mercado de trabalho. No entanto, a literatura se mostra defasada quanto a estudos mais específicos em relação às subáreas de formação em saúde, como é o caso dos profissionais em radiologia médica.

Assim, esta seção procura apresentar alguns fatos históricos relacionados à radiologia brasileira desde o seu princípio até os dias atuais buscando sintonizar o leitor com a evolução desta importante técnica de diagnóstico. Tal descrição certamente não está completa devido à grande dificuldade de encontrar relatos sobre este tema. Na seqüência do mesmo apresentam-se alguns problemas relacionados à formação dos técnicos em radiologia médica e a adaptação dos cursos ao modelo de competências proposto nos documentos oficiais.

²² O Observatório dos Técnicos em Saúde tem como sede a Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio (EPSJV) e está vinculado ao Laboratório de Trabalho e Educação Profissional em Saúde - LATEPS, tendo como missão a produção de estudos e pesquisas sobre o trabalho técnico, a educação profissional e as políticas sociais de educação e saúde.

Segundo dados obtidos acerca da história²³ da radiologia brasileira, pode-se dizer que esta teve início com a instalação do primeiro aparelho²⁴ de raios X em nosso país, em 1897 na cidade de Formiga, em Minas Gerais. No entanto, os ensinamentos relacionados à radiologia tiveram início em 1903, com a primeira aula de radiologia proferida aos alunos do terceiro ano da Faculdade de Medicina da Bahia. A capacitação para operação dos equipamentos de raios X começou somente em 1916, através de um curso organizado em lições teóricas e práticas. Alguns acontecimentos tornam a década de 1930 como uma década de grandes avanços para a radiologia brasileira. Destacam-se a atuação do radiologista Nicola Caminha²⁵, considerado pai da radiologia brasileira, o surgimento de outras escolas de radiologia, uma delas contando com a participação de Manoel de Abreu²⁶ e também a criação da primeira cátedra de Radiologia, estendendo a capacitação dos radiologistas para além das cadeiras de clínicas médicas. Em 1948, foi fundado, em São Paulo, o Colégio Brasileiro de Radiologia, durante a primeira Jornada Brasileira de Radiologia.

Como não havia instituições que habilitassem ao exercício da profissão de Técnico em Radiologia, tal função era executada por médicos radiologistas ou por pessoas treinadas para tal finalidade. Esse treinamento tinha caráter empírico, pois não passava de uma “transferência de conhecimentos” de um operador mais experiente para seu aprendiz que após ser treinado por determinado período era submetido a uma prova, onde poderia se tornar Técnico em Radiologia, caso fosse aprovado. A criação dos primeiros cursos técnicos em radiologia marcou o início da verdadeira formação técnica. No entanto, a profissão de técnico em radiologia no Brasil foi regulamentada somente em 1985, a partir da Lei n. 7.394/85 (Anexo B) e pelo Decreto n. 92.790/86 (Anexo C).

Dessa forma, de acordo com o artigo primeiro da Lei n. 7.394/85 são considerados técnicos em raios X os profissionais que realizam as técnicas de radiologia, no setor de diagnóstico; radioterápica, no setor de terapia; radioisotópica, no setor de radioisótopos; industrial, no setor industrial e de medicina nuclear. Em relação às condições necessárias para o exercício profissional em radiologia, segundo a Lei n. 10.508/02, que altera a redação do

²³ Uma breve descrição histórica da radiologia brasileira foi encontrada no *site* <<http://www.diagnostico.med.br>>.

²⁴ Atualmente, está exposto no International Museum of Surgical Science, em Chicago.

²⁵ Nicola Caminha é merecedor de tal título pelos seus consideráveis esforços no progresso da radiologia brasileira. Durante sua trajetória, destacam-se a formação de grande parte dos radiologistas brasileiros e a inauguração do primeiro programa de residência médica em radiologia. Na década de 1940, tornou-se conhecido pelo curso de especialização ministrado em seu consultório, o qual se tornou, mais tarde, o primeiro curso em pós-graduação em Radiologia com o reconhecimento do Ministério da Educação. Este na década de 1960 passou a ser oferecido pela PUC/RJ.

²⁶ Médico brasileiro que desenvolveu em 1936 a técnica conhecida como Abreugrafia, a qual é utilizada uma tela fluoroscópica para registrar a fotografia da imagem do tórax.

inciso I do artigo 2º da Lei n. 7.394/85 é necessário possuir certificado de conclusão do ensino médio e formação profissional mínima de nível técnico em radiologia.

A partir da regulamentação inicial, houve a criação do primeiro curso para a formação de Tecnólogos em Radiologia, dando início a uma luta de classes para a regulamentação tendo como base argumentações salariais e o temível risco de perda de espaço no mercado de trabalho (REZENDE, 1999).

Quando tomamos conhecimento da situação atual da formação profissional na área da saúde como um todo, percebemos que esta problemática não ocorre somente em radiologia médica. A educação profissional na área da saúde é uma problemática que se caracteriza pelas transformações no mundo do trabalho de ordem científico-técnica e organizacional e que está presente tanto em âmbito nacional quanto internacional (RAMOS, 2007).

Perante a insatisfação com a educação profissional de nível médio na área da saúde e às exigências do mercado de trabalho nesta área, faz-se necessário uma redefinição dos perfis dos trabalhadores dos serviços de saúde para a construção de perfis mais amplos, tornando-os capazes de articular suas atividades profissionais com os conhecimentos oriundos de várias disciplinas ou ciências, destacando o caráter multiprofissional da prática (BRASIL, 2000).

A redefinição destes perfis somente será possível com a oferta de cursos técnicos que visem à capacitação e não simplesmente a habilitação profissional e também com a superação da mentalidade que existe em relação ao que realmente é um curso técnico. Salientamos esta diferenciação entre capacitação e habilitação uma vez que o mercado de trabalho está repleto de profissionais habilitados nas diversas áreas de atuação, ou seja, profissionais que são meros detentores de um diploma. No entanto, a sua capacitação para esta ou aquela função está relacionada à sua competência para atuar frente às situações-problema com que irá se deparar no dia-a-dia de sua atividade profissional.

No que se refere à mentalidade existente em relação aos cursos técnicos, destacamos a noção que os alunos têm e, com certeza alguns professores, de que para atuar como técnico é necessário direcionar esforços para a observação e reprodução de procedimentos técnicos. Muito temos percebido, em algumas conversas com alunos e até mesmo nos estágios supervisionados a crença de que o ensino técnico é sinônimo de treinamento, em que saber-fazer é mais importante do que saber-por que-fazer, desperdiçando dessa forma as oportunidades de crescimento pessoal e profissional que seriam possibilitadas pelo aprendizado de cada técnica e não pelo treinamento.

Embora a atividade profissional seja de natureza prática, isto não implica que a ação tenha maior importância do que os conceitos. A aprendizagem dos conceitos científicos por

trás das práticas é fundamental para que as tarefas sejam cumpridas de forma eficiente, para a tomada de decisões e atuações criativas, as quais caracterizam o agir competente (RAMOS, 2002).

Na visão de Peduzzi (apud MS/MEC/OPAS, 1997) “é necessário que a qualificação do profissional em saúde contemple múltiplos aspectos, como as habilidades cognitivas, iniciativa e criatividade, capacidade de trabalhar em grupo, competência para avaliar o produto do seu trabalho e tomar medidas para melhorar a sua qualidade”. Considerando estes aspectos, foram propostas em 1999 as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Técnico – Área da Saúde.

Seguindo esta linha, no ano 2000, surgiram os Referenciais Curriculares Nacionais da Educação Profissional de Nível Técnico, abrangendo todas as áreas de formação profissional. Sob a ótica de que a qualidade nos serviços em saúde deve levar em conta a humanização da assistência, o respeito aos direitos do paciente/cliente, a tecnologia em seu sentido mais amplo e a valorização da autonomia das pessoas na gestão das questões da sua saúde, as categorias de atuação na área de saúde foram organizadas, segundo Brasil (2000, p. 15), em cinco funções. São elas: Apoio ao Diagnóstico, Educação para a Saúde, Proteção e Prevenção, Recuperação/Reabilitação e Gestão em Saúde.

A formação dos profissionais em Radiologia Médica, que é o foco de nosso estudo, está contemplada na função Proteção e Prevenção, a qual (op. cit., p. 16) “engloba o conjunto das ações que visam à proteção e preservação da saúde, prevenindo doenças e eliminando ou minimizando riscos ao paciente/cliente e à comunidade.”

No conjunto das subfunções apresentadas neste documento, destacamos a subfunção Implementação de Ações de Radioproteção, a qual compreende as atividades cujos objetivos são a minimização dos efeitos deletérios das radiações ionizantes através de medidas de proteção, individuais e coletivas, tanto do profissional quanto do paciente/cliente e do ambiente.

Considerando nosso contexto de intervenção na educação dos técnicos em radiologia médica, que é a disciplina de Proteção Radiológica, apontamos algumas das competências, indicadas em tais referenciais curriculares, Brasil (2000, p. 134)

- Identificar as diversas formas das radiações ionizantes, conhecendo os mecanismos de interação das radiações com o corpo humano, com o objetivo de minimizar os efeitos deletérios.
- Selecionar alternativas de radioproteção para pacientes, acompanhantes e profissionais da área.

- Conhecer e interpretar as normas de radioproteção da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, do Ministério da Saúde e da Vigilância Sanitária.
- Identificar os limites de dose de radiação a que os profissionais de Radiodiagnóstico e os clientes/pacientes podem ser expostos.
- Conhecer e identificar códigos, símbolos, sinais e terminologias específicas da radioproteção.
- Reconhecer os princípios de justificação das práticas, otimização da proteção, limitação de doses e prevenção de acidentes preconizados pelo sistema de proteção radiológica.

Deve ficar claro o real objetivo desta lista de competências. Elas devem atuar como um guia para orientar tanto as instituições que oferecem formação em radiologia médica quanto os professores. A formação profissional a partir do modelo de competências é um grande desafio, uma vez que estas não podem ser encaradas como uma receita, a qual deve ser seguida à risca, pois corre-se o risco de transformar a profissão de técnico num conjunto de pequenos procedimentos, os quais são executados como fruto de repetição e treinamento.

Quanto às habilidades a serem desenvolvidas em relação à subfunção Implementação de Ações de Radioproteção, este deverá (ibid):

- Utilizar equipamentos individuais de proteção (EPI), equipamentos de proteção coletiva (EPC) e observar as sinalizações preconizadas pelas normas de radioproteção, durante os procedimentos radiográficos, com vistas à segurança geral.
- Utilizar e monitorar os medidores individuais de doses radioativas (dosímetros).
- Executar os procedimentos em conformidade com os princípios do sistema de proteção radiológica.

Fazendo uma análise destas habilidades e das competências acima destacadas, observamos que as matrizes curriculares delineadas nestes referenciais curriculares visam à orientação dos cursos técnicos em radiologia médica, a fim de que coloquem no mercado de trabalho profissionais realmente capacitados para o exercício profissional. As sugestões dadas procuram deixar bem claro o tipo de profissional que se pretende formar, a expectativa do mercado de trabalho quanto à sua atuação e o seu verdadeiro papel perante a sociedade.

Para que através das habilidades se desenvolvam as competências profissionais esperadas, foram propostas bases tecnológicas que devem delinear a formação dos profissionais. Estas bases se reportam à flexibilização na elaboração de currículos por parte dos estabelecimentos de ensino, os quais devem elaborá-los levando em consideração as particularidades do desenvolvimento tecnológico, de modo a atender as demandas do mercado de trabalho. Em relação à formação dos técnicos em radiologia médica, propõe-se (op. cit., 135)

- Fundamentos da proteção radiológica.
- Física aplicada à radioproteção.
- Efeitos biológicos das radiações.
- Fundamentos de dosimetria e radiobiologia.
- Normas de radioproteção da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN.
- Portaria nº 453/98 - Ministério da Saúde.
- Legislação Sanitária.
- Princípios de funcionamento e utilização do dosímetro.

De acordo com nossa visão de professores de Física, as bases tecnológicas propostas soam como uma forma de promover esta ciência, mostrando que, aliada a outras, a Física é útil na identificação e resolução de muitos problemas enfrentados pela humanidade. A gama de conhecimentos produzidos em Física no último século, principalmente em Física Quântica, contribuiu para grandes avanços na medicina. Tais conhecimentos propiciaram o desenvolvimento e utilização de equipamentos muito precisos, tanto para observação quanto intervenção.

Dessa forma, a Física se mostra cada vez mais presente na atualidade e neste caso, demonstrando a íntima relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (URBANO, 2007)²⁷. A radiologia é o campo da medicina que mais tem aproveitado o conhecimento construído em Física, desde as primeiras imagens radiográficas obtidas por Roentgen em 1896 até as modernas técnicas de tomografia computadorizada que são utilizadas atualmente.

Em relação a esta maior liberdade conferida às instituições de ensino pela LDB/1996 e demais documentos verificaram-se um grande aumento no número de instituições que oferecem formação técnica o que, muitas vezes, pode estar acompanhado de oferta de habilitações com diversidade curricular, tornando pertinente uma investigação tanto de caráter quantitativo quanto qualitativo (RAMOS, 2007). Muito nos preocupa o aspecto qualitativo, pois a atuação dos profissionais em saúde está diretamente ligada às políticas de saúde e sua formação às políticas educacionais.

Enfatizando o aspecto qualitativo, procedemos a um levantamento acerca dos estabelecimentos que oferecem formação técnica em Radiologia Médica no Estado do Rio Grande do Sul. Na tabela 2.2.1 encontram-se os dados relativos à consulta, via internet, ao Cadastro Nacional de Cursos de Educação Profissional Técnica de Nível Médio (CNCT²⁸), o que possibilitou uma análise dos planos de curso propostos pelas instituições para a formação dos técnicos em radiologia médica.

²⁷ José Dias Urbano é Presidente da Sociedade Portuguesa de Física e atuou, em 2005, como Comissário Nacional para o Ano Internacional da Física.

²⁸ O CNCT registra e divulga os planos de curso que são aprovados pelos Conselhos Estaduais de Educação. A consulta é livre para a sociedade e desta forma, o CNCT promove a transparência e incentiva a cidadania, permitindo que se faça uma fiscalização dos cursos.

Tabela 2.2.1 - Estabelecimentos de ensino que oferecem cursos técnicos de formação em Radiologia Médica e sua localização, Rio Grande do Sul, 2007

Instituição	Localização
Centro de Ensino Médio Integrado UPF	Passo Fundo
Colégio Cenecista São Roque	Bento Gonçalves
Colégio Dom Hermeto	Três de Maio
Colégio Frei Matias	Ijuí
Colégio Gandhi	Santa Maria
Escola de Educação Profissional Dimensão	Pelotas
Escola de Educação Profissional ENRAD	São Leopoldo
Escola de Educação Profissional Estilo	Pelotas
Escola de Educação Profissional Nossa Senhora de Fátima	Caxias do Sul
Escola de Educação Profissional Santiago	Santiago
Escola Estadual Técnica em Saúde (HCPA)	Porto Alegre
Escola Profissional da Fundação Universitária de Cardiologia	Porto Alegre
Escola Profissional Unipacs	Taquara
Escola Técnica Santa Clara	Santa Maria
Instituto de Educação Cenecista Marquês de Herval	Osório
Instituto Irmão Ernesto Dewes	Porto Alegre
Instituto Pró-Universidade Canoense (IPUC)	Canoas
Unidade de Ensino Associação Cristã de Moços - Região das Hortênsias	Canela

Fonte: CEED – Relação de Escolas Técnicas - 2007

Procuramos investigar, a partir da análise dos planos de curso, a formação dos professores que ministram disciplinas relacionadas à Física, os tópicos de Física estudados e o acervo bibliográfico das instituições em relação a livros de Física. Para isso elaboramos uma ficha, conforme apêndice B, que foi utilizada como guia para a análise dos planos de curso. Não citaremos neste trabalho nomes de instituições ou professores, apenas dados coletados de forma geral a fim de elucidarmos a realidade de alguns cursos de formação técnica em Radiologia Médica no estado do Rio Grande do Sul.

Durante o primeiro contato com os alunos que participaram da aplicação desta pesquisa, procurou-se conhecer a realidade de cada um e o resultado obtido a partir de um questionário, conforme apêndice C, é o que está exposto na tabela 2.2.2.

Tabela 2.2.2 – História escolar recente dos alunos do Curso Técnico em Radiologia Médica do Colégio Cenecista São Roque, Bento Gonçalves, 2007

Aluno	História Escolar
A. D. P. Z.	E. Médio.
A. V.	E. Médio. Sem estudar há 6 anos.
A. M. D. M.	E. Médio. Professora de Educação Física há 6 anos.
C. T.	E. Médio.

C. B. M.	EJA fundamental e médio, há 4 anos.
C. X. B.	E. Médio. Desistiu de Fisioterapia há 1 ano.
C. S. G.	E. Médio.
D. S.	Magistério há 3 anos e nunca exerceu.
D. A. B. O.	E. Médio. Sem estudar há 4 anos.
E. A. F.	E. Médio. Sem estudar há 8 anos.
F. C.	Técnico em Contabilidade, há 4 anos.
F. P.	E. Médio. Sem estudar há 10 anos.
F. R. T.	EJA médio, há 4 anos.
F. A. M.	E. Médio. Sem estudar há 3 anos.
G. M. P.	Sem estudar por 11 anos. Fez EJA médio há 2 anos
I. S. P.	Sem estudar por 23 anos. Fez EJA médio há 3 anos
I. G. V.	E. Médio. Sem estudar há 9 anos.
J. K.	E. Médio. Sem estudar há 6 anos.
J. F.	E. Médio. Sem estudar há 2 anos.
J. V. P. C.	Fez magistério há 17 anos e nunca exerceu
J. S. P.	E. Médio. Desistiu de Biologia há 2 anos.
J. J. M. M.	E. Médio. Sem estudar há 9 anos.
J. M. F.	E. Médio. Sem estudar há 3 anos.
J. A. S.	E. Médio. Sem estudar há 3 anos.
L. S. C.	E. Médio. Sem estudar há 6 anos.
L. S. K.	EJA médio, há 3 anos.
M. M. C.	EJA médio, há 8 anos.
R. X. C.	E. Médio. Desistiu de Letras há 3 anos.
R. Z.	E. Médio. Sem estudar há 10 anos.
S. C. M. D.	E. Médio. Desistiu de Psicologia há 3 anos.
S. B. V.	E. Médio. Sem estudar há 3 anos.
S. S. F.	E. Médio. Sem estudar há 5 anos.
V. B.	E. Médio.

Fonte: Questionário aplicado aos alunos durante o 1º semestre letivo de 2007

Neste contingente diverso de alunos, a maioria fica por conta daqueles oriundos do Ensino Médio regular, com 71,8% (23 alunos), EJA (antigo supletivo), com 18,7% (6 alunos) e magistério, com 9,3% (3 alunos). Quanto ao tempo a que estes alunos estão afastados de qualquer tipo de estudo, observamos que 12,5% (4 alunos) recém concluíram o ensino médio; 53,1% (17 alunos) estão sem estudar há até 5 anos; 31,3% (10 alunos), entre 5 e 10 anos sem estudar e apenas 3,1% (1 aluno) está a mais de 10 anos fora da escola.

Conforme pode-se observar, o público presente em sala de aula é bem diversificado, contando com alunos com grandes facilidades, alguns poucos recém saídos do ensino médio, até aqueles com enormes lacunas em sua formação. Independente de qual seja a área de formação em que estes últimos estão inseridos, tais lacunas não podem ser ignoradas, pois certamente servirão como obstáculo para a aprendizagem de conteúdos subsequentes. Estes números refletem a realidade de uma instituição em um dado momento, mas certamente se

estendermos este levantamento para outras instituições veremos que, embora os percentuais se modifiquem, a tendência será praticamente a mesma, tão grande é a quantidade de pessoas buscando uma nova chance no mercado de trabalho através de uma formação técnica. Estes números não podem, de forma alguma, ser desprezados quando se pensa em oferecer aos alunos uma formação plena e que lhes possibilite igualdade de condições na busca de oportunidades. Lembramos do artigo 1º, parágrafo IV do Decreto n. 2.208/97, segundo o qual a educação profissional tem, entre outros, o objetivo de qualificar, reprofissionalizar e atualizar jovens e adultos trabalhadores, com qualquer nível de escolaridade, visando a sua inserção e melhor desempenho no exercício do trabalho.

Assim, toda e qualquer atividade de ensino deve levar em conta as potencialidades e as limitações dos sujeitos envolvidos em sua execução. De acordo com esta visão, é fundamental que haja nos Cursos Técnicos em Radiologia Médica uma disciplina que aborde a Física em seu nível mais elementar, como forma de nivelamento de conhecimentos e retomada de conceitos e somente, em seguida, uma abordagem mais profunda da mesma, com tópicos de Física Moderna que são essenciais para a compreensão das bases que regem o radiodiagnóstico.

A partir da análise dos planos de curso das instituições de ensino anteriormente destacadas, observamos que em somente um terço delas trabalha-se, inicialmente e em disciplina específica, aspectos da Física Clássica como meio de formar ou reforçar uma base de conhecimentos para posteriormente se explorar a Física diretamente ligada ao radiodiagnóstico. Em diversos planos de curso observamos a presença de disciplinas intituladas “Física aplicada à Radiologia”, nos quais o que vemos é uma carga de conceitos e teorias distantes do alcance de muitos e que possivelmente não irão fazer sentido para boa parte dos alunos. E, para piorar, não tão raramente estas disciplinas têm Física somente como nome de batismo, pois a listagem de conteúdos que se segue é puramente de cunho técnico, como seleção de filmes, posicionamento dos pacientes, características do tubo de raios X e assim por diante.

O que procuramos defender aqui é que realmente se trabalhe Física na formação dos Técnicos em Radiologia Médica, fugindo daqueles planos de aula engessados que são tomados como vetores que indicam um sentido único para o desenrolar do aprendizado em sala de aula. É preciso reconhecer que um planejamento serve para uma turma e em determinados momentos. Não se pode esperar que o aluno entenda o que é uma tomografia computadorizada se ele pensa que a matéria é feita somente de prótons, elétrons e nêutrons, se ele desconhece a existência de anti-matéria ou esperar que ele ache a coisa mais natural do

mundo o comportamento dualístico das radiações se ele sequer sabe o que é uma onda eletromagnética.

Assim, a formação dos alunos do Curso Técnico em Radiologia Médica não pode ser feita a partir de informações que lhes são passadas, sem que estas sejam assimiladas e internalizadas como conhecimentos. O que temos visto no decorrer de nossa análise é uma ótima redação dos planos de curso, utilizando-se como justificativas as mais variadas referências à legislação educacional. No entanto, fazendo uma leitura mais profunda dos mesmos, observa-se que muitos deles são pouco transparentes, como por exemplo, o fato de não definirem explicitamente que tópicos serão abordados em cada módulo ou disciplina. Não significa que o transcorrer das atividades deva ocorrer por compartimentos. É possível sim agir de forma interdisciplinar, porém estes planos se baseiam muito em termos do que se espera do aluno ao final de cada módulo, sem esclarecer se estes ou aqueles tópicos serão ou não trabalhados e onde isto irá ocorrer. Dessa forma, julgamos muito vagos e obscuros alguns planos de curso, pois apresentam uma proposta na qual se pode dizer que tudo está subentendido.

Prosseguindo nossa análise, observamos uma grande variedade de formações dos docentes que ministram as disciplinas que abordam tópicos de Física ou Proteção Radiológica. Em termos de legislação, Brasil (1999) refere-se também à qualificação profissional dos docentes da educação técnica,

“Não se pode falar em desenvolvimento de competências em busca da polivalência e da identidade profissional se o mediador mais importante desse processo, o docente, não estiver adequadamente preparado para essa ação educativa.

Pressupondo que este docente tenha, principalmente, experiência profissional, seu preparo para o magistério se dará em serviço, em cursos de licenciatura ou em programas especiais. Em caráter excepcional, o docente não habilitado nestas modalidades poderá ser autorizado a lecionar, desde que a escola lhe proporcione adequada formação em serviço para esse magistério. Isto porque, em educação profissional, quem ensina deve saber fazer. Quem sabe fazer e quer ensinar deve aprender a ensinar.”

Não cabe a nós querermos julgar como competentes ou não os profissionais que trabalham em cada instituição. No entanto, nos chamou a atenção a grande variedade de habilitações daqueles que ministram aulas nas disciplinas relacionadas à Proteção Radiológica, independente do nome que é dado à disciplina em cada instituição. Focamos a atenção nesta disciplina por ser algo de grande relevância na formação de um Técnico em Radiologia.

Vamos fazer uma analogia relacionada à Língua Portuguesa. Se colocarmos, por exemplo, um professor de Geografia e outro, de Português a ensinar classes gramaticais, ambos poderão obter resultados muito semelhantes, porém com custos e efeitos diferentes. Enquanto um terá que ensinar seus alunos a partir de muito treinamento, o outro irá partir para o ensinamento de conceitos que facilitarão seu aprendizado. Os ensinamentos do primeiro certamente irão passar como “algo que foi dito”, enquanto que o segundo sabe exatamente o que ensinou e procurou a melhor forma para fazê-lo.

Esta comparação queremos que seja estendida para a formação dos profissionais em Radiologia Médica, que não podem ser simplesmente treinados ou escutar “frases ditas por alguém” e que talvez sejam lembradas um dia. A verdadeira formação, em qualquer área do conhecimento, deve estar muito bem alicerçada. Um piloto de avião não sai pilotando após dar uma simples lida num manual de instruções, nenhum cozinheiro chega a *chef* após assistir a um programa de receitas na televisão, assim como não é possível sair dando aula sem uma devida preparação para isso.

Em nossa análise quanto à formação do corpo docente das instituições encontramos algumas habilitações que, definitivamente, não combinam com a tarefa de ensinar que é executada por estas pessoas. Certamente um profissional com habilitação direcionada ao seu objeto de trabalho terá muito mais êxito em sua tarefa do que outro cuja habilitação diverge do objetivo central. Em relação ao que dissemos neste parágrafo e nos anteriores, apresenta-se a figura 2.2.1, que corresponde à formação dos profissionais envolvidos com a disciplina de Proteção Radiológica em dezesseis das instituições pesquisadas.

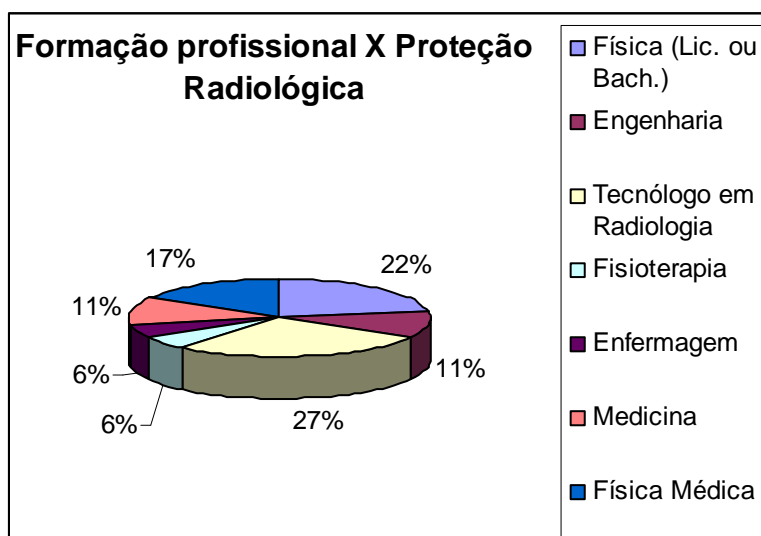


Figura 2.2.1 - Formação dos professores que ministram a disciplina de Proteção Radiológica em dezesseis instituições

Este tipo de análise em relação aos cursos técnicos não seria completa nem justa se não procurássemos investigar também tentativas de inovação na abordagem de tópicos relacionados à proteção radiológica. Dessa forma, na seção seguinte descreve-se a análise de materiais didáticos relacionados a tal disciplina.

2.3 Análise dos materiais didáticos disponíveis para a disciplina de Proteção Radiológica

Levando-se em consideração o objetivo de inovar o ensino de Física Moderna na disciplina Proteção Radiológica do curso Técnico em Radiologia Médica, procedemos a análise de materiais didáticos para esta disciplina.

Nesta análise buscamos publicações referentes a temas de interesse para proteção radiológica e outros materiais como, por exemplo, textos de apoio em livros.

Na obra intitulada *“Um capítulo introdutório à Física Moderna para um curso superior de tecnologia em radiologia”*, de autoria de Mário Sérgio de Freitas, Arandi Ginane Bezerra Junior e Charlie Antoni Miquelim, relata-se a abordagem de tópicos de Física Moderna em 10 horas-aula, visando solucionar problemas de aprendizado verificados em alunos do ensino superior. Esta proposta de trabalho, a qual integra a disciplina de Física Moderna, do Curso Superior de Tecnologia em Radiologia da UFTPR, faz um confronto entre o modelo ondulatório e o modelo corpuscular das radiações, tanto do ponto de vista qualitativo quanto quantitativo, procurando solucionar problemas instrucionais a partir desta nova metodologia.

São apontados três problemas: reflexão de Bragg e o espalhamento Compton; efeito fotoelétrico; emissão de raios X característicos.

O primeiro problema analisado trata-se da reflexão de Bragg e o espalhamento Compton, que são montagens idênticas que resultam em medições de fenômenos de naturezas distintas. Faz-se uma descrição dos dois fenômenos identificando-se a possível confusão como efeito da abordagem de forma incorreta dos mesmos em bibliografias frequentemente utilizadas. A difração de raios X é descrita a partir do modelo ondulatório, enquanto que o espalhamento Compton toma como base o modelo corpuscular. Assim, evidencia-se a importância em se abordar a dualidade onda-partícula como uma seção introdutória aos estudos subsequentes e não como um tópico avançado.

Os outros dois problemas citados referem-se à contraposição entre efeito fotoelétrico e espalhamento Compton quanto aos elétrons que são afetados pela interação com um fóton

incidente e, à emissão dos raios X característicos, processo desencadeado pela ejeção de elétrons ligados a núcleos do alvo, devido a interação com elétrons acelerados.

Nossa proposta de trabalho, considerando a dualidade onda-partícula como um conceito central tem grande semelhança com o que é proposto neste capítulo introdutório, já que este tema é considerado como fundamental para a solução de problemas de aprendizagem acerca de tópicos de Física Moderna relacionados à interação da radiação com a matéria. Esta abordagem da dualidade onda-partícula como um tópico que desencadeia a aprendizagem de outros possibilita aos alunos uma visão mais abrangente dos conteúdos de Física Moderna, abandonando a visão fragmentada comumente vista em capítulos de diversos livros didáticos.

Com um caráter mais específico em relação à radioproteção, analisamos o artigo “*A importância do conhecimento sobre radioproteção pelos profissionais da Radiologia*”. Este trabalho, desenvolvido por Marcelo Costa Seares e Carlos Alexsandro Ferreira do Núcleo de Tecnologia Clínica do CEFET/SC. Ao analisar esta obra somos levados a concluir que se trata apenas de um resumo abordando de forma simplificada os efeitos das radiações no organismo a partir de valores de doses recebidas, trazendo também os princípios de proteção radiológica existentes.

Não se trata de nenhuma proposta de intervenção que realmente seja condizente com seu título, pois em momento algum são discutidos aspectos que enfatizem a importância do conhecimento sobre radioproteção. A obra citada mostra apenas dados técnicos que soam apenas como informação e que certamente não melhor especificados em outras bibliografias da área.

Outra obra analisada é o artigo “*O ensino de Física das radiações na formação de auxiliares de enfermagem e atendentes de consultórios odontológicos: sondagem de concepções sobre os raios-X com enfoque na prevenção e tecnologia*”, de autoria de Luciano Gonsalves Costa e Ana Paula Astrath Costa.

Esta obra apresenta os resultados de uma investigação conceitual sobre os raios X com um enfoque na prevenção e na tecnologia, a fim de obter subsídios que permitam repensar o ensino de Física das radiações para profissionais da saúde. Os resultados apresentados apontam para um desconhecimento quase que generalizado, entre os estudantes pesquisados, do fenômeno de produção dos raios X e conceitos associados. Aponta-se como fator preponderante para a caracterização do quadro encontrado a qualidade do ensino de ciências naturais que vem sendo praticado nas escolas de ensino fundamental e médio.

Para finalizar, os autores deste trabalho destacam a importância de um ensino de física contextualizado e baseado em raciocínios conceituais, de forma a aproximar a sala de aula da

realidade profissional dos alunos possibilitando um “choque de interesses”, de modo que estes venham a questionar suas formas de atuação e passem a agir de forma mais consciente enquanto profissionais da saúde.

Assim, esta proposta procura fornecer elementos que devem permear a ação educativa no que se refere à educação científica, de modo a se desenvolver uma metodologia de ensino que se apóie numa abordagem dos fenômenos de maneira a aproximá-los da realidade dos alunos.

Enquanto metodologia de ensino, concordamos plenamente com esta proposta, uma vez que a abordagem muito matematizada e com conceitos muito abstratos, sem nenhuma aplicação imediata, acabam por distanciar os alunos do objeto de estudo proposto.

Nossa busca por propostas de ensino dirigidas ao estudo da Física Moderna relacionada à proteção radiológica não rendeu muitos resultados, uma vez que o que se verificou realmente foi a existência de diversos textos de divulgação científica ou capítulos de livros com um aprofundamento, frequentemente, muito além do que se poderia levar a um curso técnico como o de Técnico em Radiologia Médica. Logicamente não se esperava encontrar materiais didáticos prontos e esculpidos de acordo com nossas necessidades. Do contrário, esperava-se pelo menos encontrar alguma proposta concreta de inserção de Tópicos da Física Moderna à Radioproteção.

Cabe ao professor que vai utilizar os textos existentes, esculpir cada um deles ao seu gosto e/ou necessidade. Assim procedemos na elaboração do material didático relacionado à nossa intervenção didática. Conforme poderá ser visto ao longo da descrição das aulas ministradas, na seção 4.4 desta dissertação, muitos materiais utilizados não são totalmente novos e sim releituras de obras já existentes e sua transcrição para uma linguagem mais acessível e, portanto, adequada aos alunos do curso técnico no qual atuamos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O desenvolvimento cognitivo das crianças é influenciado desde a gestação, passando por uma etapa intermediária nas simples brincadeiras do dia-a-dia e tendo seu auge nos primeiros anos de vida escolar (PIAGET, 1998). Todas estas etapas é que moldam a personalidade daqueles que hoje são adultos, uma vez que seu sucesso ou fracasso inicial é a semente que irá geminar e oferecer à sociedade cidadãos com os mais diferentes perfis.

Devido à grande importância do trabalho que se desenvolve nas escolas nos anos iniciais, as atividades propostas pelo professor devem ter um fim muito bem justificado em termos de teorias de ensino e aprendizagem. Em função do estágio de desenvolvimento mental dos alunos, as práticas pedagógicas recaem no construtivismo de Piaget, no qual a aprendizagem não é um conceito central e sim, o desenvolvimento cognitivo (MOREIRA, 1999). Isso certamente ocorre em função da formação dos professores que atuam nas séries iniciais, uma vez que muitos cursaram magistério, ou grau equivalente, dando seqüência à sua formação em Pedagogia.

Então, o que acontece com as teorias de aprendizagem nas séries escolares seguintes? Será que perderam sua importância ou já não servem mais para os mesmos alunos? Como uma possível resposta a estes questionamentos salientamos o fato de que nos anos iniciais de alfabetização cada professor trabalha com apenas uma turma por ano, o que inegavelmente viabiliza a realização de um trabalho mais direcionado, possibilitando um conhecimento mais detalhado das dificuldades e necessidades de cada aluno.

A transição do quarto para o quinto ano é, muitas vezes, traumática para os alunos. A partir de agora são oito ou nove professores que a cada dia se alternam em sala de aula, trazendo os mais variados assuntos e cada um impondo o seu ritmo de trabalho, sem falar que alguns alunos trazem deficiências dos anos anteriores.

Do lado dos professores salientamos o fato de que as aulas são preparadas para várias séries diferentes e, freqüentemente, estes trabalham mais de um turno por dia devido às suas necessidades financeiras. Assim, o professor produz em quantidade, implicando menor qualidade. Em resumo, as condições atuais em que se desenrola o trabalho de professor dificultam a implantação de medidas que visem à melhoria da qualidade de ensino. Muitas responsabilidades que são da família recaem sobre a escola, que ao longo dos anos deixou de ser a segunda casa do aluno e, aos poucos passou a ser incumbida da resolução de todos os problemas da sociedade.

O sistema educacional de nosso país passa por momentos difíceis. Verificam-se problemáticas mais localizadas em uma ou outra região e outras mais específicas. Professores insatisfeitos com a remuneração, falta de professores, salas de aula lotadas, marginalização da sociedade, inclusão social sem a preparação dos professores, pressão da família por bons resultados e ausência nos momentos delicados, entre outros aspectos.

Tanto os governantes quanto os professores são os principais agentes que poderão transformar a realidade que hoje se apresenta, destinando-se aos primeiros a elaboração de políticas educacionais que visem à solução de problemas e aos professores, a aplicação de propostas que buscam a modificação do panorama atual.

No que cabe aos professores, é preciso ter uma proposta de ensino objetiva, sabendo aonde se quer chegar ao final de cada aula ou assunto trabalhado. Em qualquer situação que nos deparamos em nossa vida é necessário elaborar estratégias para sua execução, as quais implicarão em êxito ou fracasso. Em relação à educação não é diferente. As estratégias adotadas pelo professor devem ter alguma finalidade. O que vemos, no entanto, é que a prática de muitos professores não tem um rumo definido nem segue uma ou outra perspectiva de formação e que a filosofia das escolas, freqüentemente, é algo que não condiz de forma alguma com o que realmente se faz.

Confrontando a visão que os professores têm das teorias educacionais com a sua prática, percebe-se que há uma contradição. Conversando com vários profissionais da educação a respeito das teorias de aprendizagem, desde os mais jovens até aqueles que já lecionam há vários anos, quase que de maneira unânime ouve-se, com certo tom de desprezo e as vezes raiva, que estas fazem jus ao nome, pois não passam de especulações acerca do “como ensinar e aprender”, ficando apenas no papel, pois na prática nunca dá certo. No entanto, são os professores os agentes de transformação que estão em contato direto com os alunos e poderiam tirar estas teorias do papel, colocando-as em prática.

Muitos não tentam por comodismo e preferem seguir ensinando como há vinte anos e outros esperam encontrar algo como uma receita de bolo com a dosagem de cada ingrediente e o ponto certo. No entanto, não há uma teoria que esteja acabada e sirva para resolver os problemas de cada sala de aula. Cada teoria dá um enfoque diferenciado para o ensino e a aprendizagem e assim, frente à realidade de cada sala de aula cabe, então, ao professor tomar conhecimento dessas teorias e procurar da melhor forma adaptá-las à sua prática. Se o agente de transformação não atuar, não haverá transformação.

Frente ao que vemos em nossa prática docente fica claro a necessidade de se executar um trabalho bem planejado e isso somente poderá ser feito a partir do reconhecimento das várias formas de ensinar e aprender.

A partir de Moreira (1999) temos uma excelente apresentação das teorias de aprendizagem dentro de cada proposta. Percebe-se que as teorias de aprendizagem assumem um papel crucial na prática docente, independente de se adotar uma visão comportamentalista, humanista ou cognitivista, o “como aprender” deve ser uma preocupação constante de todo professor. Dessa forma, cabe aos educadores saber integrar elementos de cada teoria e adaptá-las à sua realidade em sala de aula.

Para exemplificar, podemos dizer que o professor deveria ter em mente parte das idéias de Piaget (*A Linguagem e o Pensamento da Criança, 1959; A Psicologia da Inteligência, 1958; A Construção do Real na Criança, 1970; A Equilibração das Estruturas Cognitivas, 1976*), pois não deve se limitar apenas ao conhecimento da matéria a ser ensinada, mas conhecer também as particularidades do desenvolvimento psicológico da inteligência dos alunos, ou seja, deve respeitar o grau de desenvolvimento cognitivo dos alunos. Também deve considerar a interação que o indivíduo tem com o meio onde está inserido. Por outro lado devem-se tomar alguns aspectos da proposta humanista de Carl Rogers (*Tornar-se pessoa, 1978; Terapia centrada no cliente, 1952*), vendo o aluno como pessoa e, por que não, procurar com que a aprendizagem seja significativa para ele, tal como proposto por Ausubel (*The Psychology of Meaningful Verbal Learning, 1963*) e Novak (*Uma teoria de educação, 1981*).

3.1 Teorias Construtivistas

Em relação às teorias de aprendizagem, comumente percebe-se uma visão skinneriana por parte dos professores e muitas vezes por parte dos pais, mesmo que indiretamente. As aulas ocorrem mediante a memorização de equações do tipo “Física minha amiga” ($F = m a$), “que macete” ($Q = m c \Delta t$) e repetição de estímulos (exercícios) até que se observe o comportamento (resposta) desejado por parte de professor. Os pais e alunos, muitas vezes, insatisfeitos com os resultados alcançados ainda sugerem que para “aprender Física” deveriam ser trabalhados mais exercícios, os chamados exercícios de fixação.

Assim, percebe-se nestas atitudes o quanto distorcida é a visão que as pessoas têm da educação. Até que ponto a repetição das mesmas ações é sinal de aprendizado ou de fixação como se ouve freqüentemente? Questiona-se em relação à teoria de Skinner (*Ciência e*

Comportamento Humano, 1953) até que ponto um aluno que recebe este tipo de aula desenvolveu competências.

Hoje, a partir da gama de conhecimentos construídos acerca de teorias de aprendizagem, critica-se este enfoque, pois do ponto de vista instrucional, promove-se, de acordo com Moreira (1999, p. 62), “muito mais a aprendizagem mecânica, automática, do que a aprendizagem significativa”.

Outra visão contestada em relação à aprendizagem é imaginar que os alunos aprendem por descoberta ou através da simples realização de experimentos, conforme crêem muitos professores. Esta crença pode ser atribuída à interpretação errônea de algumas idéias de Bruner (*O processo da educação*, 1973), as quais se referem à aprendizagem por descoberta dirigida, o que torna os alunos capazes de construir o seu aprendizado a partir de conceitos que uma vez incorporados à estrutura cognitiva irão prepará-lo para situações novas. Quando o ensino se baseia na epistemologia empirista-indutivista, a criatividade do trabalho científico é desvalorizada, fazendo com que os alunos vejam o conhecimento científico como um corpo de verdades indiscutíveis (GIL PEREZ apud SILVEIRA, 1996).

Ainda em Silveira (1996), são apontados alguns princípios resultantes das epistemologias de Lakatos e Popper e que servem de guia para o ensino de Física. Dentre estes princípios citamos aqueles relacionados à experimentação:

- O método indutivista não favorece a produção de conhecimentos, visto que apenas a observação e a experimentação não levam às leis, princípios ou generalizações;
- A observação e a interpretação devem andar juntas, visto que existem teorias subjacentes aos fenômenos observados.
- A observação é influenciada pelos conhecimentos prévios, os quais são fatores que interferem na maneira de ver o mundo, impedindo, portanto, uma observação neutra.

Não significa que o uso do laboratório deve ser abolido e sim do importante papel que ele assume no ensino quando explorado de maneira correta. Cabe ao professor dirigir a atividade exploratória de modo que seus alunos sejam levados a construir conhecimentos significativos e não a descobrir teorias.

Atualmente, o construtivismo é um importante marco teórico em educação, tendo como idéia central o fato de o homem construir seu próprio conhecimento (MOREIRA e OSTERMANN, 1999). O surgimento do construtivismo deu-se no início do século XX com as teorias de Donald Hebb (*Organização do Comportamento*, 1949), Edward Tolman (*Comportamento propositivo no homem e nos animais*, 1932), Kurt Lewin (*Teoria dinâmica da personalidade*, 1935), destacando-se nessa corrente filosófica as teorias de Jean Piaget

(*Seis Estudos de Psicologia*, 1967; *A construção do Real na Criança*, 1970), Lev Vygotsky (*A formação social da mente – o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*, 1988; *Pensamento e linguagem*, 1962; *Psicologia Pedagógica*, 2004), David Ausubel (*Educational Psychology: A Cognitive View*, 1968), Johnson Laird (*Mental Models*, 1983), entre outros. Na visão construtivista o conhecimento é construído de forma ativa pelo aprendiz e não simplesmente transmitido pelo professor e passivamente apreendido pelo aluno. Este é agora um agente que constrói sua própria estrutura cognitiva (MOREIRA, 1999). A preocupação do construtivismo está em direcionar como ocorre a aprendizagem, como interagem as potencialidades e dificuldades dos estudantes com os conteúdos escolares. De um modo geral, na perspectiva cognitivista, o ponto central é a cognição, levando em consideração o que existe entre um estímulo e a resposta.

Segundo Moreira (1999, p. 15), “o construtivismo é uma posição filosófica cognitivista e interpretacionista. Cognitivista porque se ocupa da cognição, de como o indivíduo conhece, de como ele constrói sua estrutura cognitiva. Interpretacionista porque supõe que os eventos e objetos do universo são interpretados pelo sujeito cognoscente”. Assim, o aluno deixa de ser apenas um receptor, mas um sujeito que recebe estímulos, os interpreta através de suas vivências e a partir daí constrói o conhecimento. E, dentro desta ótica, a educação deve estar centrada no aluno, cabendo ao professor a função de orientador.

O mestre faz o papel de trilhos, cuja função é apenas guiar a livre e independente movimentação dos vagões. Sua atuação ocorre a partir da organização do meio social educativo e este, por sua vez controla a interação com o aluno (VYGOTSKY, 2004). De forma resumida pode-se dizer que o aluno é educado em função das suas experiências, as quais são influenciadas pelo meio, o qual é regulado pela ação do professor.

As teorias construtivistas parecem ser as que melhor estão adaptadas ao modelo das competências anteriormente citado. De acordo com Ramos (2002, p. 407) “as competências atuam como um mecanismo capaz de mobilizar saberes e esquemas mentais adaptados e flexíveis, tais como análises, sínteses, inferências, generalizações, analogias e associações”.

Ainda segundo a autora “a finalidade da prática pedagógica seria propiciar a mobilização contínua e contextualizada dos saberes, sendo os conteúdos disciplinares insumos para o desenvolvimento de competências. Dessa forma, os currículos devem ser orientados pelas competências que se pretende desenvolver e não pelos conteúdos a se ensinar”.

Os esquemas mentais aos quais se refere a autora são os mesmos propostos Johnson Laird em sua teoria dos modelos mentais. Segundo esta teoria, modelos mentais são criações

feitas por um indivíduo imediatamente após se defrontar com uma situação nova, de modo a fornecerem uma representação interna do mundo externo (MOREIRA, 1999).

Embora esta definição de modelos mentais seja semelhante às concepções prévias, ambas não podem ser tomadas como sinônimos, pois os conhecimentos prévios são estruturas mais estáveis, enquanto que os modelos mentais são constantemente revisados e recombinados, atuando como tijolos na construção da estrutura cognitiva. O professor ensina modelos conceituais usando seus modelos mentais e o aluno aprende os modelos conceituais elaborando representações (modelos mentais) de tais modelos em sua estrutura cognitiva. Cabe ao professor analisar os modelos criados pelos alunos a fim de verificar se tais representações correspondem ao que foi ensinado, pois a capacidade de abstração está diretamente ligada à capacidade de criar os modelos mentais (ibid).

Outras teorias, como as de Piaget e Vygotsky, estão inseridas na filosofia construtivista enfatizando a cognição humana com um enfoque na interação. Destacamos alguns pontos da teoria de Piaget (teoria interacionista), a qual é uma teoria de desenvolvimento das estruturas cognitivas e não uma teoria de ensino, como ponto de partida para o desenvolvimento da teoria de Vygotsky²⁹ (*Pensamento e linguagem*, 1962). O aprendiz desenvolve esquemas de assimilação, os quais evoluem de acordo com o seu período de desenvolvimento mental (PIAGET, 1976). Estes esquemas, portanto, vão sendo construídos e modificados conforme a necessidade e o meio, de modo que aqueles que melhor se adaptarem irão sobreviver, tal qual ocorre com o darwinismo. O ensino atua como um causador de desequilíbrio na mente daquele que aprende para que esta procure se re-equilibrar e se re-estruturar interagindo com o meio, caracterizando assim o aprendizado (equilíbrio majorante).

Pela obra de Piaget, vemos que, em termos de desenvolvimento mental, até os onze a doze anos as crianças estão no período operacional-concreto. Nesse período, elas operam com situações concretas, ou seja, objetos reais. É exatamente nesse período que elas entram em contato com as Ciências, as quais trazem consigo um grande repertório de conceitos abstratos, onde há necessidade de operar com hipóteses, sem que a criança esteja em condições de proceder dessa forma.

²⁹ Lev Semenovich Vygotsky (1896 - 1934), professor e pesquisador, foi contemporâneo de Piaget e dedicou-se aos campos da pedagogia e da psicologia. Embora tenha deixado sua produção intelectual incompleta, esta teve continuidade com alguns de seus colaboradores, como Leontiev e Luria. Mesmo depois de sua morte, suas idéias continuaram a ser difundidas no campo da Pedagogia e da Psicologia, tornando-se um importante marco teórico no que se refere às teorias de aprendizagem.

3.2 A Teoria Sócio-interacionista de Vygotsky

Vygotsky, na década de 1920 professor do ginásio, procurou na Psicologia, respostas para o questionamento que desencadeou a elaboração de sua teoria de aprendizagem: como o homem cria cultura? Ao ter contato com a obra de Piaget, Vygotsky teceu elogios e críticas a ela em alguns aspectos, considerando que Piaget não deu muita importância à situação social e ao meio. Enquanto Piaget enfatiza os aspectos estruturais e as leis de origem biológica do desenvolvimento, Vygotsky³⁰ destaca as contribuições da cultura, da interação social e a dimensão histórica do desenvolvimento mental. Após longos anos de silêncio impostos pelo Stalinismo, o qual considerava suas obras como idealistas, estas foram lidas por Piaget na década de 1960, o qual comentou os elogios e críticas recebidos anos antes.

Para Vygotsky, o desenvolvimento cognitivo é influenciado pelo contexto social, cultural e histórico em que o aprendiz está inserido, de modo que, segundo Lopes (1996, p. 33), “na ausência do outro, o homem não se constrói homem”. Portanto, a questão referente ao desenvolvimento cultural pode ser respondida considerando-se que a origem deste é a interação do homem com o meio, de modo que ele pode compartilhar suas vivências e tomar conhecimento de experiências vividas por outros o levando a agregar novos aspectos culturais à sua formação. A educação do homem é caracterizada completamente pelo meio social onde ele cresce e se desenvolve, mesmo que esta influência não seja direta e imediata e sim de modo indireto a partir da ideologia, ou estímulos sociais, dominantes (VYGOTSKY, 2004). Em resumo, todas as nossas funções representam uma forma de expressar a natureza social do meio que nos rodeia. A educação é de natureza social, pois reagimos às mudanças do meio de modo a nos adaptarmos a ele.

De acordo com o sócio-interacionismo, o nível de desenvolvimento mental alcançado está relacionado à capacidade de conversão de funções psicológicas elementares, como os reflexos, em funções psicológicas superiores, como a consciência e a tomada de decisões. É nesse ponto que reside a principal diferença entre os seres humanos e os demais seres vivos. O ser humano é um ser cultural. Esta conversão das funções psicológicas elementares em funções psicológicas superiores é possível somente através da mediação, a qual ocorre com a utilização de instrumentos (são utilizados para se fazer algo) e os signos (que significam algo).

Vygotsky (1998a, p. 72-73) faz a seguinte diferenciação entre instrumentos e signos:

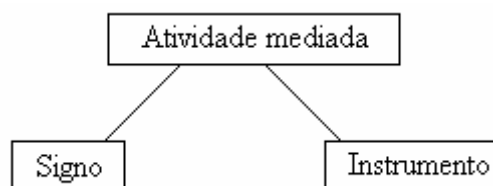
³⁰ A teoria de aprendizagem de Vygotsky, por se preocupar como o ser humano interpreta o mundo e interage com ele, é uma teoria construtivista.

A função do instrumento é servir como um condutor da influência humana sobre o objeto da atividade; ele é orientado externamente; deve necessariamente levar a mudanças nos objetos. Constitui um meio pelo qual a atividade humana é dirigida para o controle e domínio da natureza. O signo, por outro lado, não modifica em nada o objeto da operação psicológica. Constitui um meio da atividade interna dirigido para o controle do próprio indivíduo; o signo é orientado internamente.

Os instrumentos e os signos são utilizados pelo homem tal qual ferramentas, nesse caso, ferramentas de ordem psicológica. Dentre estas ferramentas, a linguagem é de grande importância e isto pode ser facilmente percebido, principalmente na obra *Pensamento e Linguagem* (VYGOTSKY, 1998b). Vygotsky dirige-se à linguagem como sendo o principal instrumento de intermediação do conhecimento entre os seres humanos, uma vez que está relacionada diretamente com o desenvolvimento psicológico individual e coletivo. Individual porque as informações intermediadas que alguém recebe são assimiladas e convertidas em uma forma de linguagem interna. Coletivo porque é através da linguagem que ocorre a socialização entre os indivíduos que fazem o intercâmbio de significados.

Dessa forma, fica muito clara a dimensão assumida pela interação social, uma vez que ela atua como única via para as palavras (significado lingüístico) e a fala (ferramenta utilizada) tornarem possível o compartilhamento de significados e certificação de que os significados que estão sendo captados são aqueles compartilhados para os signos em questão. Assim, através da internalização dos instrumentos e signos aceitos pela sociedade é que ocorre o desenvolvimento cognitivo (MOREIRA, 1999).

De acordo com VYGOTSKY (1998a) os instrumentos e signos podem, a partir da perspectiva psicológica, ser incluídos na mesma categoria, fazendo parte de um conceito mais amplo.



Assim, a atividade mediada pode ser vista como o precursor do intercâmbio de signos. Este se torna possível com o uso de instrumentos que evoluem a partir da interação com o meio social. Pode-se dizer que a atividade mediada ocorre frente ao uso de instrumentos para a troca de signos e que estes influem diretamente sobre os instrumentos. Todas essas relações levam o indivíduo a um crescimento intelectual e cultural.

Para explicar o desenvolvimento intelectual, o qual é caracterizado por saltos qualitativos de um nível de conhecimento para outro, Vygotsky introduziu o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal, definindo-a como a distância entre o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial. Segundo Vygotsky (1998a, p. 112), “o nível de desenvolvimento real consiste no que o aprendiz consegue fazer sozinho, uma vez que já possui um conhecimento sólido, enquanto que o nível de desenvolvimento potencial consiste no grau de desenvolvimento que um indivíduo pode alcançar, o qual é verificado pela resolução de problemas sob a orientação de outra pessoa”.

De certa forma podemos dizer que a Zona de Desenvolvimento Proximal é onde ocorre a aprendizagem, de modo que qualquer situação de aprendizagem deve ser limitada a ela. Então, como um indivíduo irá crescer cognitivamente? Esse crescimento será possibilitado pela interação social, uma vez que o aprendiz terá, muitas vezes, contato com instrumentos e signos desconhecidos, de forma que o seu nível de desenvolvimento potencial será estendido, tal como um universo em expansão. Assim, seus signos passam por um processo de atualização (*upgrade*), devido aos novos significados que geram uma readaptação em sua estrutura cognitiva.

As atividades de ensino devem estar orientadas de forma a gerar no aluno a busca por novos signos e significados, caso contrário, não irão surtir efeito. E, como dissemos antes, este contato com novos signos e significados será possibilitado pela interação social. Assim, (op. cit., p. 117-118), compartilhando seus saberes com outros, o indivíduo está aprendendo e conseqüentemente se desenvolvendo.

[...] o aprendizado desperta vários processos internos de desenvolvimento, que são capazes de operar somente quando a criança interage com pessoas em seu ambiente e quando em cooperação com seus companheiros. Uma vez internalizados, esses processos tornam-se parte das aquisições do desenvolvimento independente da criança.

A partir da internalização dos processos de desenvolvimento há um crescimento cognitivo do aprendiz, de modo que aquelas tarefas que ele fazia com auxílio hoje, amanhã poderão ser feitas individualmente. Além do crescimento cognitivo, proporciona-se também o desenvolvimento de funções psicológicas superiores como a autonomia para aprender.

Toda e qualquer prática pedagógica, independente da área do saber em que esteja inserida, deve ter um fundamento teórico que a justifique, caso contrário, serão práticas sem nenhum sentido. Mesmo parecendo para muitos educadores, simples teorias, deve-se procurar em cada uma delas os elementos que melhor se adaptam a individualidade de cada turma.

3.3 Implicações da Teoria de Vygotsky para o ensino de Física

É inegável a grande contribuição da teoria de Vygotsky para a educação, uma vez que a mesma está fundamentada na premissa de que a aprendizagem ocorre pela interação social dos alunos entre si e com o professor levando à internalização de significados (MOREIRA, 1999). A elaboração do material didático e sua aplicação durante a execução do projeto “A Física Moderna no processo de formação de técnicos na área de Radiologia Médica” foram feitas tomando como base a teoria sócio-interacionista de Vygotsky.

A justificativa para tal escolha repousa no fato de que a modalidade de ensino técnico requer muito a participação ativa do aluno, uma vez que o mesmo está se preparando para ingressar no mercado de trabalho e, no caso da Radiologia Médica, entrando em contato com conhecimentos que não fazem parte do senso comum. Dessa forma, através da interação em sala de aula cria-se a possibilidade do debate e troca de vivências, levando a um crescimento cognitivo.

O sócio-interacionismo de Vygotsky, conforme dito na seção anterior faz uma abordagem da cognição humana tendo como conceito central a interação social, a qual propicia confronto de signos e significados, de modo que haja um intercâmbio de aprendizagem, o que desencadeia processos mentais que levam ao crescimento intelectual e cultural do ser humano.

Tendo em vista a grande importância da interação social, devem ser propiciadas atividades de ensino onde os alunos possam trabalhar em grupos, de modo que a aprendizagem seja facilitada pelo “parceiro mais capaz”. A partir desta interação deve-se buscar não a simples aceitação dos signos dos demais colegas, mas o confronto de suas idéias e conhecimentos. A necessidade da busca por novos argumentos e o próprio debate gera nos alunos uma situação de desequilíbrio em sua estrutura cognitiva e é dessa forma que se constroem novas aprendizagens. Assim, o trabalho cooperativo pode levar à compreensão e solução de problemas, o que muitas vezes não é possível de maneira individual.

A interação social deve ser usada como uma estratégia de ensino para provocar no aluno uma mudança conceitual, uma vez que ele deve restringir a validade de alguns significados, internalizar outros e, em determinadas situações, abandonar alguns deles. Para Vygotsky, a interação social é o principal caminho para a transmissão dinâmica do conhecimento social, histórica e culturalmente construído (MOREIRA, 1999).

Frente a esta estratégia de ensino, cabe ao professor, atuar como um mediador, uma vez que através da interação aluno-aluno e professor-aluno ocorre um intercâmbio de

significados, gerando confronto entre as concepções de cada um e a impossibilidade de aplicação destas em determinadas situações, proporcionando o desenvolvimento de habilidades características do trabalho em grupo (VYGOTSKY, 1998a).

Estas situações de embate entre as concepções prévias³¹ dos alunos somente será viabilizada se as atividades propostas forem elaboradas com o objetivo de fazer o aluno dialogar e raciocinar profundamente, tomando como ponto de partida os conhecimentos que ele já se apropriou e aplicando-os em situações-problema que exijam um grau de abstração mais elevado, gerando aos poucos um processo de mudança conceitual ou readaptação em sua estrutura cognitiva. No entanto, a abordagem de conteúdos deve respeitar a zona de desenvolvimento proximal dos alunos, uma vez que as simples atividades de repetição de conteúdos não mobilizam suas reais potencialidades, levando assim à estagnação. Por outro lado, deve saber-se identificar até onde o aluno está em condições de aplicar seus conhecimentos frente a situações desconhecidas. Se o objetivo a ser alcançado estiver muito além de suas capacidades também não há crescimento, pois o aluno reage com um sentimento de repulsa a tais propostas. O trabalho do professor será produtivo se este souber explorar o limite entre aquilo que o aluno já sabe e aquilo que ele poderá aprender com sua ajuda.

Em relação ao ensino de Física, não é difícil ver o aluno simplesmente dizer “não sei”, ou então “não entendi” e logo desistir da atividade que lhe é proposta. A identificação das capacidades reais do aluno e das potencialidades que poderão ser desenvolvidas somente é possível quando o professor conhece o aluno, interagindo com ele e, desse modo, verificando se aquilo que foi captado corresponde aos signos e significados aceitos.

Frente a esta forma de conduzir o aprendizado, ficam ainda mais claras a função do professor em sala de aula e a importância da linguagem: um como mediador e outro como sistema de signos. Assim, desloca-se o foco principal do processo de ensino-aprendizagem do professor, numa visão tradicional, para o aluno, numa visão construtivista.

Em qualquer nível escolar, ensinar Física não é uma tarefa simples. Além de estar freqüentemente atualizando seus conhecimentos, o professor deve saber de que forma propor aos seus alunos situações inusitadas e desafiadoras e que estas sejam capazes de motivá-los a estudar Física.

³¹ As concepções prévias dos alunos constituem um tema que foi muito explorado na década de 1970, quando se esperava que se conhecendo todas elas o problema estivesse resolvido, pois estas seriam simplesmente deixadas de lado quando o aluno se deparasse com uma situação nova, divergente daquelas que ele estava acostumado a descrever a partir de suas concepções. Entre os principais estudos acerca deste tema citamos os trabalhos de Fernando Lang da Silveira e Marco Antonio Moreira que fizeram um mapeamento das concepções dos alunos em relação à mecânica, termodinâmica e à eletrodinâmica.

Em relação à abordagem da Física para um curso técnico, no caso deste trabalho em um curso de Técnico em Radiologia Médica, não é diferente. Mesmo sendo um curso onde os requisitos para ingresso são a idade mínima de dezoito anos e a conclusão do ensino médio, é preciso saber como (re)apresentar³² a Física aos alunos.

De acordo com Ramos (2002, p. 414)

os estudos de Vygotsky evidenciaram que o desenvolvimento da personalidade e da concepção de mundo dos indivíduos se realiza na passagem ao pensamento por conceitos, capacidade fundamental que se consolida na adolescência. Portanto, a referência que faz o autor à aprendizagem infantil aplica-se plenamente às aprendizagens posteriores e, conseqüentemente à educação profissional, processo vivenciado principalmente por jovens e adultos.

Assim, embora o sócio-interacionismo esteja muito focado no desenvolvimento de funções psicológicas superiores por parte da criança, adotamos esta teoria para trabalhar com tópicos de Física na disciplina de Proteção Radiológica em um curso com alunos adultos. Para isso, tomamos como referência apenas alguns pontos relevantes da referida teoria, como por exemplo, a importância da mediação feita pelo professor, a interação em sala de aula tanto entre os alunos como destes com o professor e a necessidade de saber explorar o limite entre os conhecimentos já adquiridos e aqueles que serão potencialmente desenvolvidos.

No capítulo seguinte é feita a apresentação do material didático fundamentado no sócio-interacionismo de Vygotsky, desde sua elaboração até sua aplicação em sala de aula.

³² Ver questão número 6 do questionário oferecido aos alunos, conforme apêndice C onde se pergunta como era a disciplina de Física durante sua formação básica.

4 PROCEDIMENTOS E IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

Neste capítulo faz-se a descrição do trabalho desenvolvido na disciplina de Proteção Radiológica, do Curso Técnico em Radiologia Médica – Radiodiagnóstico, do Colégio Cenecista São Roque, localizado na cidade de Bento Gonçalves – RS, conforme a figura 4.1.



Figura 4.1 - Fachada do Colégio Cenecista São Roque

A referida disciplina faz parte do módulo II do curso e sua carga horária é de 40 horas-aula, divididas em 2 horas-aula semanais. Durante o primeiro módulo os alunos já tiveram uma revisão de Física Geral, na disciplina de Física e Matemática Aplicada (60 horas-aula) e conhecimentos básicos de Física Nuclear, na disciplina de Física Atômica e Nuclear (20 horas-aula).

No curso de Técnico em Radiologia Médica – Radiodiagnóstico do Colégio Cenecista São Roque, o ingresso de novos alunos é anual e em turma única, de modo que em cada semestre do curso exista apenas uma turma por módulo. A proposta de trabalho foi aplicada junto a um público de trinta e dois alunos, conforme a figura 4.2.



Figura 4.2 - Alunos no laboratório de informática

Quanto aos recursos oferecidos pela escola, que estão relacionados com o desenvolvimento do projeto, citamos a existência de um laboratório de informática, equipado com quinze computadores e laboratório de radiologia equipado com um aparelho de raios X, que não produz a radiação e serve apenas para treinar o manuseio do mesmo.

Para possibilitar a abordagem de tópicos de Física Moderna de forma mais satisfatória durante a disciplina de Proteção Radiológica foi entrevistado o professor responsável pela disciplina em semestres anteriores, assim como os alunos, a fim de se identificar os tópicos nos quais houve mais dificuldade, conforme apêndice D. Também foi feita entrevista, durante o primeiro semestre, com os alunos do módulo I, aos quais seria dirigida nossa prática no semestre seguinte.

Quanto a estes, a entrevista buscou verificar quais conteúdos de Física foram estudados e como eram ministradas as aulas durante seu curso de ensino médio. De um modo geral, esta entrevista buscou conhecer a realidade da turma, alvo do projeto de trabalho para o semestre posterior. O questionário referente a estas entrevistas encontra-se no apêndice C.

A abordagem de conteúdos de Física no ensino técnico encontra, muitas vezes, barreiras criadas durante o ensino médio como, por exemplo, conceitos alternativos, lacunas na formação e também a repulsa pelo estudo de assuntos relacionados à Física. Dessa forma a abordagem da Física assume grande importância por ser encarregada de fornecer subsídios para que possa ser finalmente compreendida e por trazer novos conhecimentos até os alunos, imprescindíveis à sua formação.

4.1 Metodologia de ensino

A partir da análise das entrevistas realizadas, o planejamento da disciplina de Proteção Radiológica teve início com uma reorganização na ordem de apresentação dos conteúdos, de forma que o conceito central de nossa proposta não ficasse apenas como um apêndice e sim como um tópico de grande relevância para os conteúdos subsequentes, uma vez que este foi retomado ao longo da disciplina de forma a evidenciar em que situações ele será útil para um técnico em radiologia.

Conforme nossa análise, apresentada na seção 2.3 e também pelas entrevistas, para os alunos das turmas anteriores, não havia nenhum material de apoio e o ensino era pouco interativo e com escassos recursos. Assim, nossa prática deveria ser inovadora, desde a organização dos conteúdos até a forma de apresentação dos mesmos.

Para haver inovação é preciso materiais que ofereçam esta possibilidade, assim como, o planejamento de atividades diferenciadas. Dentre estes materiais citamos o uso de simulações computacionais, elaboração de roteiros para tais simulações, seleção de textos apropriados e a redação de textos pelo professor. Ainda com a intenção de inovar a forma de (re)ver a Física por parte destes alunos, procurou-se estratégias de ensino com as quais estes não estavam acostumados, desde o debate de textos científicos até o uso da internet como uma ferramenta de aprendizagem. Para isso, procedeu-se à elaboração de uma página na internet para uso durante a disciplina alvo de nossa proposta. Esta página, disponível em “<http://lief.if.ufrgs.br/~jader>”, recebeu atualizações semanais com as atividades a serem realizadas na semana seguinte e foi largamente utilizada, já que todos os alunos dispunham de acesso à internet, em casa ou no trabalho. Os textos utilizados e os roteiros exploratórios elaborados foram disponibilizados na página da disciplina, a qual representa o produto educacional gerado durante a execução de nossa proposta de trabalho. A apresentação do produto educacional encontra-se no apêndice A.

Com a intenção de tornar prazeroso o acesso à página e não uma obrigação, sua concepção foge da grande tendência vista na internet, que são páginas carregadas de imagens e movimentos que tiram a atenção de quem as está acessando e também tornam este acesso lento para quem não tem internet banda larga. Assim, conforme pode ser visto na figura 4.1.1, a página da disciplina foi elaborada com um visual leve e com grande simplicidade.

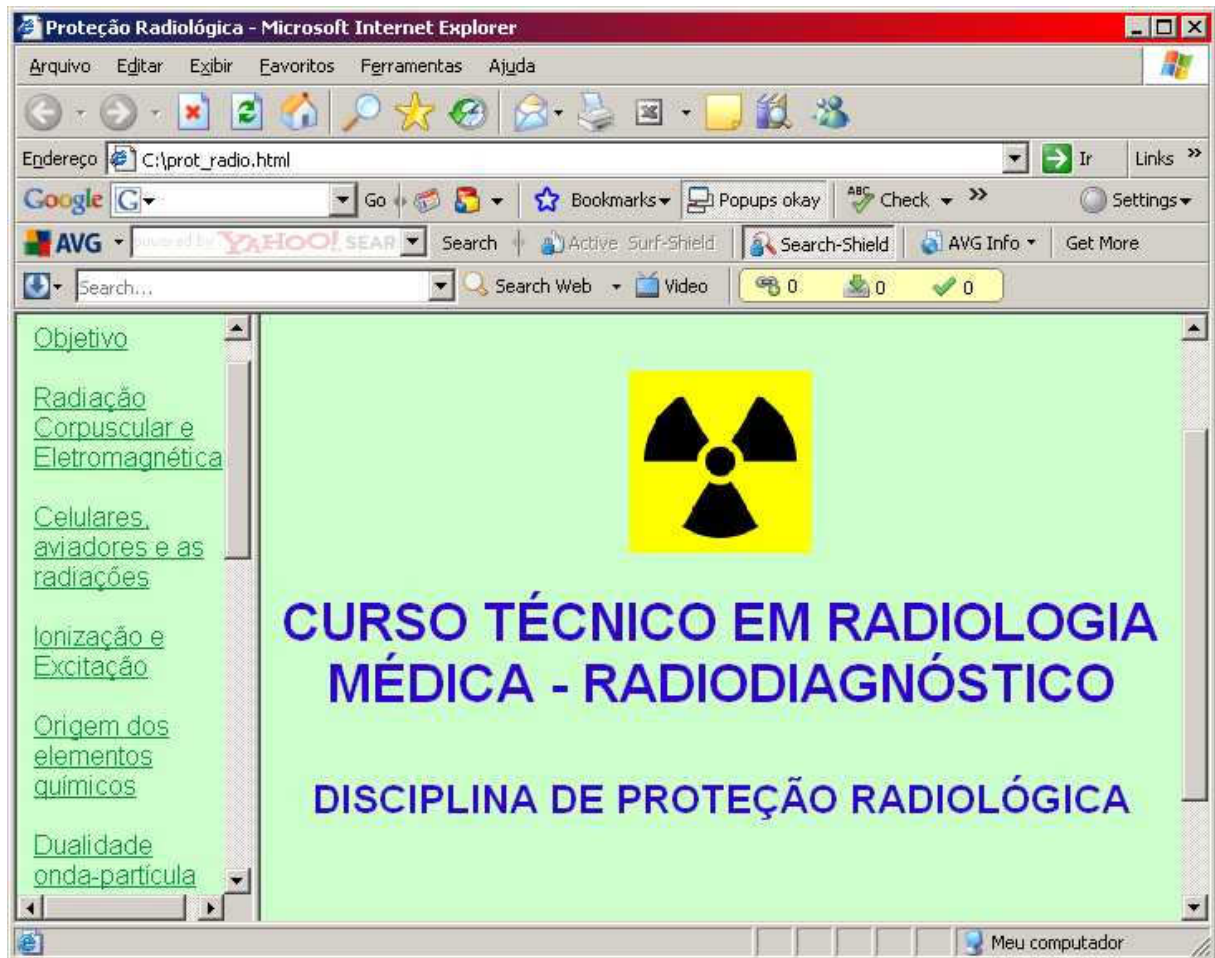


Figura 4.1.1 - Tela inicial da página usada durante a disciplina

Ao acessar a página, o aluno da disciplina ou outros interessados são informados quanto aos objetivos da mesma e visualizam um índice onde estão *links* para os roteiros e textos referentes ao assunto selecionado e também para outros *sites* de interesse. Todos os textos foram disponibilizados em formato *pdf* e antes de acessar cada um é possível ler uma pequena explicação referente aos seus objetivos.

Em função do referencial teórico adotado, visando a interação social dos alunos entre si e com o professor e a facilitação da aprendizagem pelo “parceiro mais capaz” através do trabalho cooperativo, a aplicação do material deu-se através de aulas expositivas, simulações

computacionais realizadas em grupos e debate acerca de temas abordados a partir de textos de jornais e/ou internet. Dessa forma, possibilitamos a participação dos alunos, promovendo uma aprendizagem mais eficiente e possibilitando a transposição para a prática profissional.

4.2 Conteúdos propostos para a implementação do projeto

A principal inovação para a disciplina de Proteção Radiológica consistiu em repensar uma nova hierarquia conceitual, destacando como conceito central a dualidade onda-partícula e fazendo relações deste com os conceitos subsequentes. A súmula da disciplina de Proteção Radiológica é bastante ampla, conforme pode ser visto no anexo D, e isto facilita a abordagem dos conteúdos de uma forma globalizada. Por isso, mesmo que a inserção desta proposta tenha ocorrido num momento específico com a simulação do Interferômetro de Mach-Zehnder via software educacional, a dualidade onda-partícula esteve presente em grande parte dos conteúdos abordados como forma de explicar os fenômenos de interação das radiações com a matéria e seus efeitos.

Os conteúdos abordados visam de um modo geral o estudo da natureza das radiações; radiações ionizantes e não ionizantes, bem como seus efeitos no organismo; fontes de radiação; dualidade onda-partícula; interação da radiação com a matéria; princípios de radioproteção; detectores de radiação e normas de proteção radiológica. Estes conteúdos foram agrupados em quatro blocos temáticos, cuja versão detalhada encontra-se no apêndice F desta dissertação. São eles:

Bloco I – Origens e características das radiações;

Bloco II – O que são as radiações e como interagem com a matéria;

Bloco III – Detecção das radiações e seus efeitos no organismo;

Bloco IV – Legislação e princípios de radioproteção;

A descrição detalhada de cada um destes blocos é feita na seção 4.4 juntamente com o relato das aulas ministradas.

4.3 O papel do software na abordagem didática

O funcionamento do interferômetro de Mach-Zehnder pode ser simulado via computador, a partir de um arranjo experimental que é equivalente ao experimento da dupla fenda. A figura 4.3.1 apresenta a tela inicial do software “Interferômetro Virtual de Mach-Zehnder”, cuja versão, distribuída gratuitamente, foi elaborada a partir do projeto Tópicos de

Física Moderna e Contemporânea na Formação de Professores e Fundamentos Epistemológicos para a Prática Docente, desenvolvido com o apoio do CNPq. Tal projeto teve a coordenação de Fernanda Ostermann e Flávia Rezende e colaboração de Sandra Prado e Trieste Ricci. A legenda numérica é de nossa autoria e visa facilitar a identificação de cada um dos componentes citados ao longo do texto que segue.

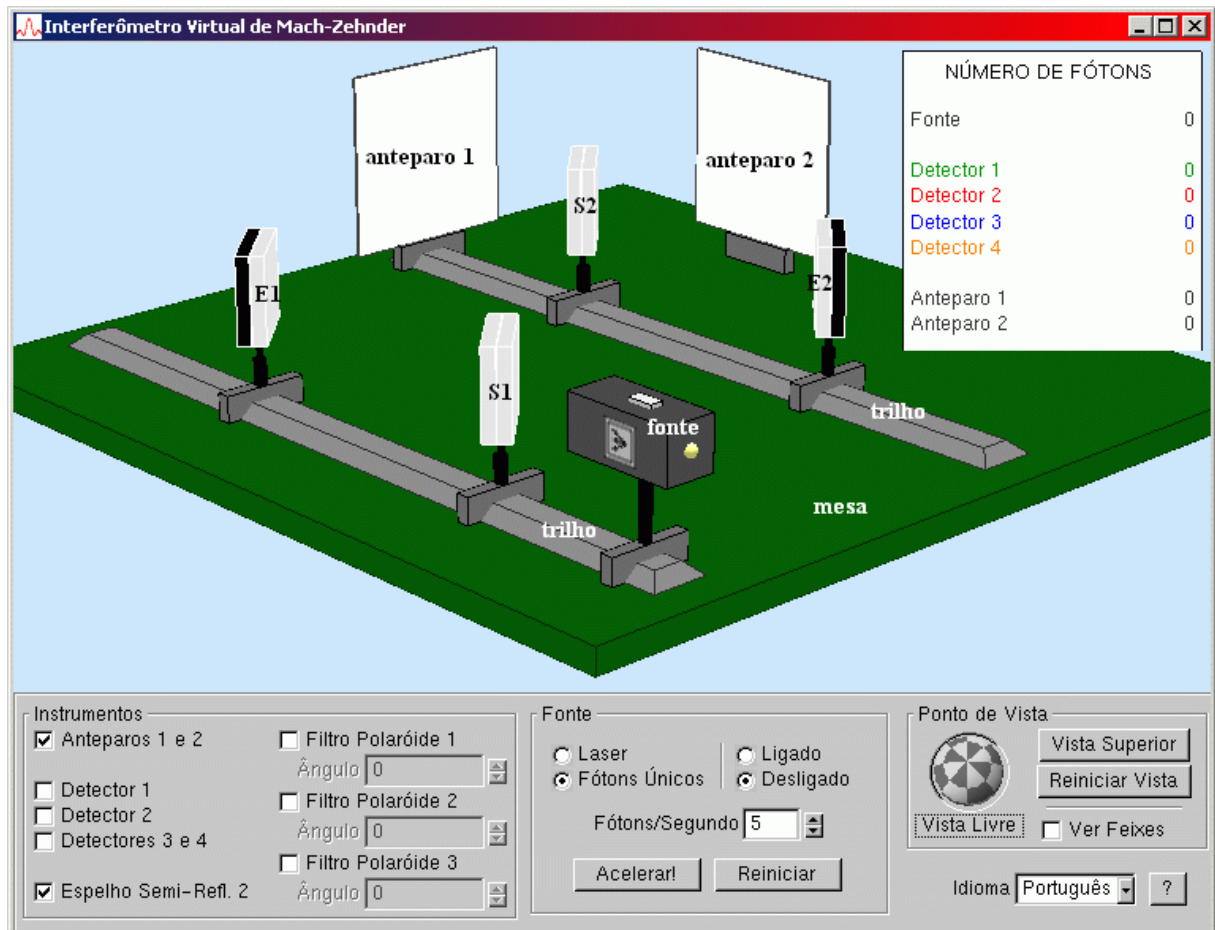


Figura 4.3.1 - Tela inicial do interferômetro virtual de Mach-Zehnder

Nesta figura é possível identificar o aparato experimental apoiado sobre uma mesa, o qual consta de uma fonte que pode emitir laser ou fótons únicos, dois trilhos, sobre os quais estão apoiados os espelhos semi-refletores S_1 e S_2 e os espelhos E_1 e E_2 . Próximos ao espelho semi-refletor S_2 estão dois anteparos.

Considerando um feixe de luz laser, como o que é utilizado na simulação, observa-se que, quando um feixe é emitido pela fonte e passa pelo espelho semi-refletor S_1 , é dividido em duas componentes, uma transmitida no sentido do espelho E_1 e outra refletida no sentido do espelho E_2 . Cada um desses espelhos reflete as componentes recebidas, as quais se cruzam novamente no espelho semi-refletor S_2 .

A componente da onda que é transmitida no espelho semi-refletor S_1 sofre um deslocamento de fase em relação à componente refletida por este espelho. De acordo com Zeilinger (apud PESSOA JUNIOR, 2003, p. 9), “este deslocamento de fase, equivalente a um avanço de $\lambda/4$ (um quarto do comprimento de onda) em relação à onda transmitida, é válido para espelhos semi-refletores que não absorvem luz e que possuem simetria”.

Dessa forma, os padrões de interferência observados podem ser explicados pela superposição das componentes no espelho semi-refletor S_2 , as quais se somam de maneira construtiva em um anteparo e destrutiva no outro.

A utilização de uma fonte de luz monocromática no interferômetro evita a superposição de padrões de interferência, formando figuras nítidas. A observação de padrões de interferência circulares pode ser explicada em função da dispersão sofrida pelo feixe ao longo do caminho percorrido no interferômetro. Embora os dois trilhos tenham o mesmo comprimento, a luz de cada um dos feixes componentes segue caminhos diferentes. A figura 4.3.2, inspirada em Ricci e Ostermann (2003, p. 34) ilustra a dispersão do feixe laser ao longo de um dos trajetos da luz no interferômetro de Mach-Zehnder.

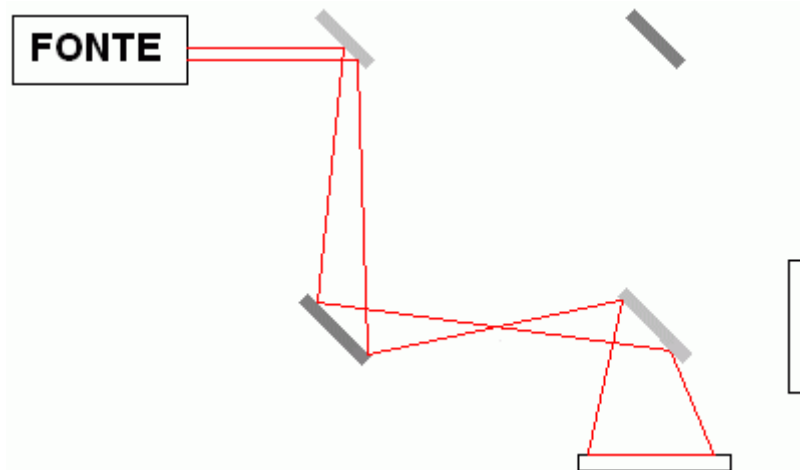


Figura 4.3.2 - Dispersão do feixe laser ao longo o interferômetro

Esta simulação inicial com um feixe laser permite a observação e análise das franjas de interferência nos anteparos tal como é feito para a experiência da dupla fenda³³, cuja explicação das figuras obtidas é feita a partir da superposição coerente de ondas. Dessa forma, o software permite que se faça uma retomada de alguns conceitos de ótica ondulatória clássica.

³³ Em 1801, Thomas Young demonstrou experimentalmente e de forma convincente que a luz era um fenômeno ondulatório, calculando inclusive seu comprimento de onda.

A simulação no interferômetro de Mach-Zehnder também propicia a análise do fenômeno da interferência em regime quântico (fótons emitidos individualmente) a partir de diversas interpretações³⁴ da Mecânica Quântica. Em nossa proposta, tomamos como base a formulação ondulatória da Física Quântica, proposta por Schrödinger. Explorando-se esta possibilidade os alunos são levados à construção do conceito de dualidade onda-partícula, tendo como ponto de partida alguns conceitos da ótica ondulatória clássica.

Na situação em que foi utilizado o software, um curso técnico onde o objetivo não é formar físicos, a análise do fóton no interferômetro leva a resultados contra-intuitivos, estimulando a interação entre os alunos através do debate e conseqüente tentativa em explicar suas previsões aos colegas. Outra vantagem que se obtém nesta e em muitas outras simulações computacionais é a possibilidade de “manipulação” do experimento e visualização imediata de resultados, possibilitando ao aluno testar a validade de seus conceitos frente à situação-problema apresentada.

4.4 Descrição das aulas ministradas

A exploração dos conteúdos que compõem os quatro blocos temáticos a que nos referimos anteriormente baseou-se em aulas expositivas, do tipo giz e quadro negro, projeção de imagens e/ou *slides*, simulações computacionais e uso de textos com redação própria ou obtidos a partir de outras fontes, tais como livros, jornais e sítios na internet. Independentes da forma de apresentação dos conteúdos, sempre foram criadas situações que levassem os alunos a participar ativamente das aulas, através de questionamentos dirigidos ao professor ou debate entre os alunos e com o professor, estratégias estas que estão plenamente justificadas no referencial teórico adotado.

O estudo do bloco I teve 6 horas-aula de duração e deu-se a partir de aulas expositivas baseadas no uso de giz e quadro e projeção de algumas imagens como do espectro eletromagnético, explosão de uma estrela, produção dos raios X, entre outras. Inicialmente foi feita uma breve revisão acerca do tema das radiações, uma vez que no semestre anterior já foram exploradas as desintegrações α , β e γ , a produção de raios X e os fenômenos de ionização e excitação. Assim, as radiações foram identificadas a partir de sua origem: α , β e γ originadas em processos de “ajuste” que ocorrem no núcleo e os raios X, em geral, produzidos por elétrons acelerados que colidem com elétrons das camadas mais internas dos átomos.

³⁴ Para um estudo mais detalhado das interpretações da Mecânica Quântica recomendamos o livro de Osvaldo Pessoa Junior intitulado “Conceitos de Física Quântica” e publicado pela Livraria da Física em 2003.

A abordagem de novos conceitos teve início na seção I.2 fazendo-se a associação com a desintegração radioativa a fim de se explorar as fontes artificiais de radiação e também a radioatividade natural. Ao falarmos das radiações de um modo geral, como algo existente em nosso ambiente, seja devido ao uso de eletroeletrônicos, radiação cósmica, do solo, materiais de construção e consumo de cigarros, muitos alunos mostraram-se surpresos com a presença de tantas fontes de radiação em nosso cotidiano. Um deles levantou o seguinte questionamento: “*Se tem tanta radiação assim, então todo mundo já devia ter morrido de câncer*”. A partir disso outro aluno se manifestou dizendo: “*Quem trabalha com raios X tem câncer, fumar causa câncer no pulmão e então quem usa celular ou pega Sol também vai ter?*”.

Esta fala dos alunos evidencia uma visão muito comum quando se fala em radiação, associando-as com o câncer. Certamente, a forma como foi colocado para estes alunos que estamos constantemente sendo irradiados deu-lhes a falsa convicção de que o que as pessoas dizem sobre as radiações está realmente certo. Estes questionamentos não foram solucionados de imediato, uma vez que a resposta dada a estes alunos foi um simples não, nem todo mundo está com câncer ou vai desenvolver um. O objetivo aqui era apenas mostrar que estamos cercados pelas radiações e a partir disso classificá-las quanto ao seu conteúdo energético.

Motivado por estas dúvidas dos alunos foram colocados na página dois *links* para reportagens³⁵ abordando pesquisas a respeito do uso do celular e seus possíveis efeitos no organismo. Estas reportagens foram comentadas na aula seguinte e a partir da análise do espectro eletromagnético e do conceito de quantização, já conhecido pelos alunos, calculou-se a energia associada às radiações de diversas frequências. Em função do conteúdo energético das radiações estas foram classificadas em ionizantes (radiações alfa, beta, gama, raios X) e não ionizantes (infravermelho, ultravioleta, microondas).

Embora nosso estudo seja focado nas radiações ionizantes, foi trabalhado com os alunos o capítulo 3 (Efeitos Biológicos) do livro³⁶ “*Radiação ultravioleta: características e efeitos*”, onde se relata a existência de indícios de que a exposição ao Sol apresenta correlação com o câncer de pele.

Retomando as radiações ionizantes, estas foram, por enquanto, diferenciadas apenas em função da produção ou não de carga elétrica associada à radiação. Posteriormente, no

³⁵ Telefone celular danifica células do corpo humano, diz estudo (Folhaonline, 21/12/2004); Celulares podem reduzir fertilidade masculina, diz estudo (BBCBrasil.com, 28/06/2004).

³⁶ Esta obra foi publicada em 2005 e tem autoria de Emico Okuno e Maria Aparecida Constantino Vilela. Constitui um dos livros da série Temas Atuais de Física, lançada por iniciativa da Sociedade Brasileira de Física.

bloco II, seção II.2, estas radiações foram estudadas em função de sua interação com a matéria e conseqüente transferência de energia.

A última seção do bloco temático I destinou-se a explorar, sem grande aprofundamento, a formação dos elementos químicos procurando explicar o porquê de alguns deles serem naturalmente radioativos e outros não. Na página foi colocado antecipadamente um *link* para outro endereço na internet onde se explica a evolução estelar e a síntese de elementos químicos ocorrida nestes astros. Entre estes elementos, há alguns com meias-vidas relativamente longas e que podem passar a fazer parte da composição de algum astro e, como acontece na Terra, compor a radiação natural do ambiente. Por estarmos em constante interação com o ambiente, através da alimentação principalmente, acabamos nos tornando também fontes radioativas.

A avaliação do bloco I foi feita através de uma prova escrita referente aos conhecimentos desenvolvidos.

O bloco temático II, objeto principal de nossa inovação em sala de aula, destinou-se ao estudo mais detalhado das radiações, investigando sua composição e formas de interação com a matéria em função de suas características. Para a abordagem deste bloco foram ocupadas 16 horas-aula.

A seção II.1 foi onde ocorreu a abordagem do conceito considerado como central para a nossa proposta, a dualidade onda-partícula. Dessa forma, faz-se necessária uma descrição mais detalhada de tal abordagem.

A apropriação de conceitos por parte dos alunos na seção II.1 ocorreu principalmente a partir de atividades realizadas com textos introdutórios e exploração de simulações computacionais guiadas por roteiros exploratórios e realizadas em grupos de dois ou três alunos.

Esta seção teve início com uma revisão de conceitos de ótica, tais como interferência, superposição, difração e amplitude de probabilidade, a partir da simulação da interferência com um feixe de luz *laser* realizada com o software que reproduz o interferômetro de Mach-Zehnder. Através da representação, no quadro negro, da superposição de ondas tanto em fase quando defasadas, os alunos foram levados a interpretar e explicar porque estavam sendo formadas aquelas figuras de interferência nos dois anteparos do interferômetro.

Na figura 4.4.1, apresenta-se uma situação onde é possível observar as figuras de interferência obtidas com laser.

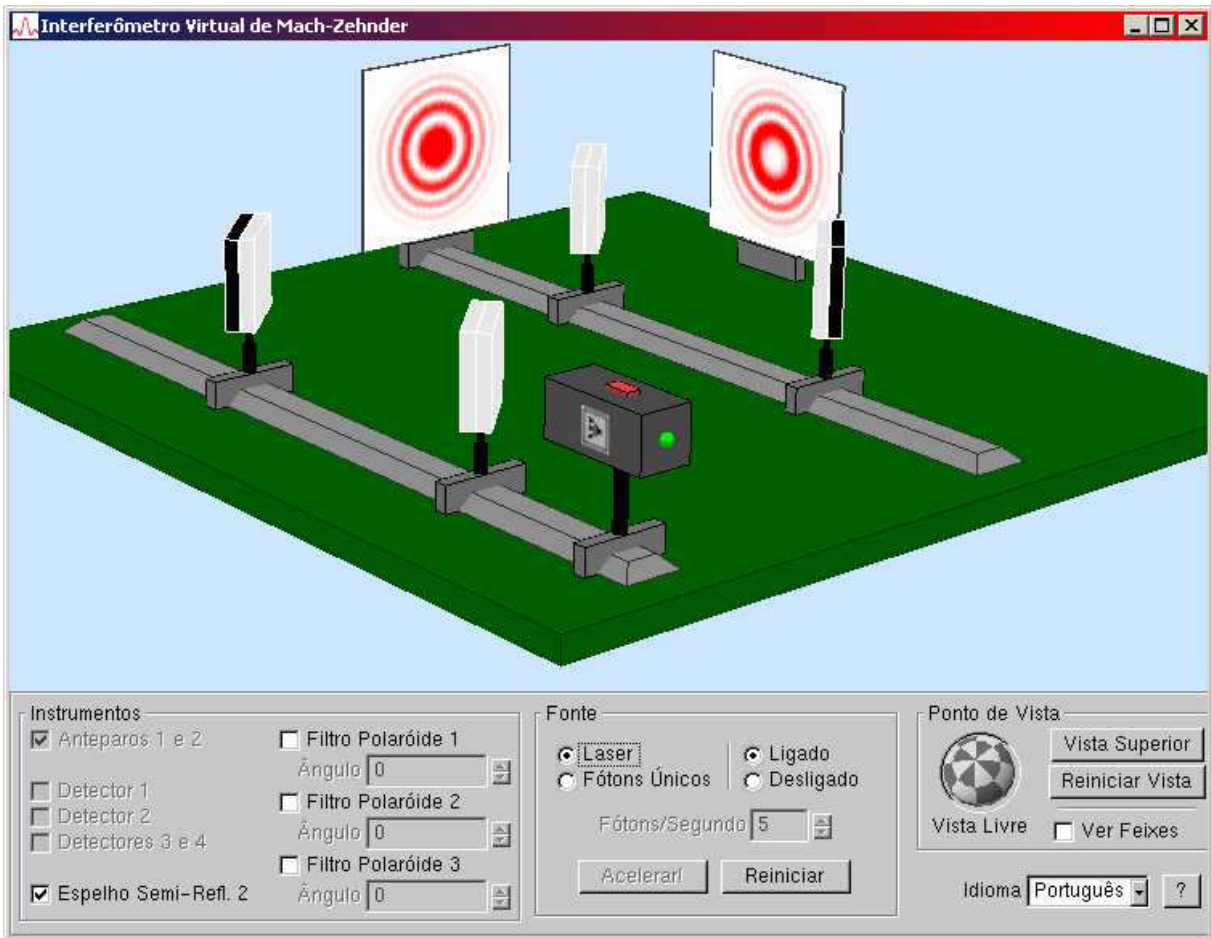


Figura 4.4.1 - Fenômeno da interferência usando laser

A maioria dos alunos, salvo algumas dificuldades de interpretação, conseguiu explicar a formação das figuras observadas. Na figura 4.4.2 pode-se observar o raciocínio esperado e apresentado pelos alunos, para a interpretação da parte central dos padrões de interferência vistos nos anteparos da figura 4.4.1.

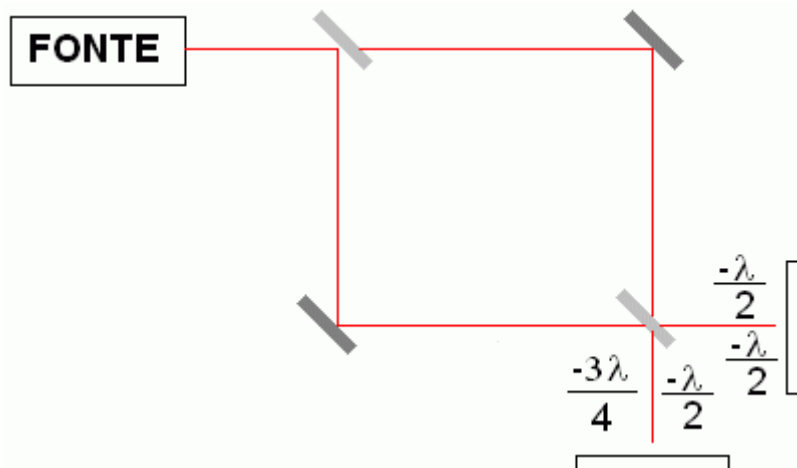


Figura4.4.2 - Superposição dos componentes do feixe emitido após o espelho semi-refletor S_2

Os dois componentes chegam a um dos anteparos com um atraso de $\lambda/2$ (meio comprimento de onda) e, portanto, em fase, em relação ao comprimento de onda inicial e no outro anteparo há uma defasagem de $\lambda/4$ (um quarto do comprimento de onda) entre as duas componentes revelando, portanto, interferência destrutiva.

Frente às observações e resumindo o que se verificou em aula, um dos alunos expressou-se da seguinte forma: “É que nem aquele que o professor mostrou no outro semestre, só que antes era com frestas.”, referindo-se ao experimento da dupla fenda realizado por Young. Assim, foi solicitado que retirassem o segundo espelho semi-refletor (S_2) e observassem os anteparos, conforme a figura 4.4.3.

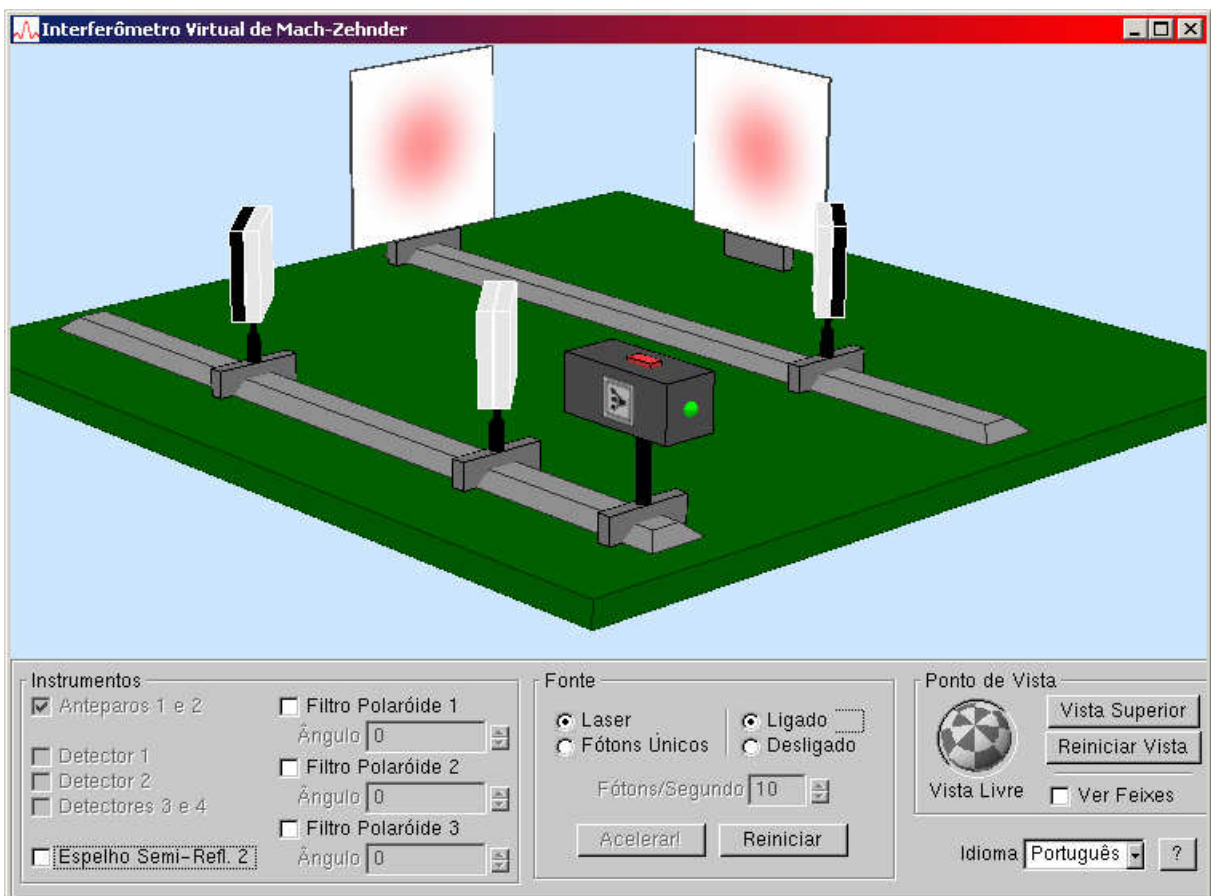


Figura 4.4.3 – Inexistência das figuras de interferência com a retirada do segundo espelho semi-refletor

Dessa forma os alunos foram levados a concluir que a superposição construtiva ou destrutiva estava acontecendo no segundo espelho semi-refletor e a partir da contagem dos comprimentos de onda após cada reflexão concluíram que nos dois anteparos estava ocorrendo interferência nas componentes recebidas por cada anteparo, de modo a formar padrões complementares.

Para entender como as radiações interagem com a matéria é preciso primeiro saber o que são exatamente tais radiações e, para isso, a seqüência deste bloco deu início ao estudo da dualidade onda-partícula, com os alunos operando interferômetro em regime quântico.

A partir da emissão de fótons únicos foi solicitado aos alunos que tentassem prever o que aconteceria com as detecções nos anteparos e a seguir comparassem as figuras obtidas com aquelas formadas com *laser*. Alguns alunos partiram direto para a simulação e depois tentaram dar explicações. No entanto, entre as discussões daqueles que tentaram prever o que aconteceria foi possível observar as seguintes hipóteses: “*Não vai aparecer nada porque os fótons não passam pelo espelho.*”; “*Vai partir o fóton no meio*”; “*Ele reflete no S_1 , depois no E_2 e no S_2 , batendo só no anteparo 2. No 1 não aparece nada porque não chega fóton nele.*” Para aquele aluno que previu a divisão do fóton foi questionado o que aconteceria com cada uma das metades no segundo espelho semi-refletor (S_2). Segundo este aluno: “*Daí não sei direito, mas acho que vai meio pra cada anteparo.*”.

A partir da simulação, para a grande surpresa formaram-se os padrões de interferência, conforme mostrado na figura 4.4.4.

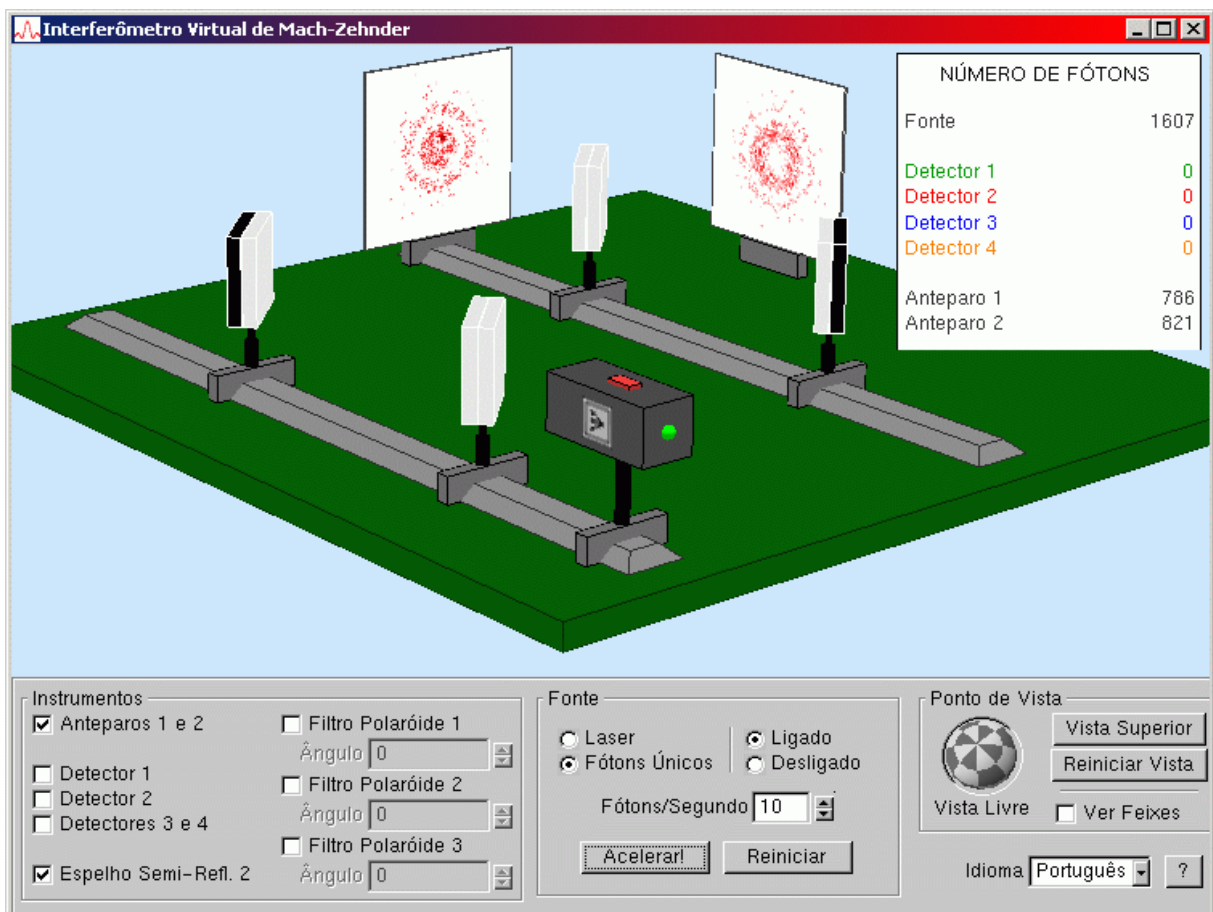


Figura 4.4.4 – Padrões de interferência sendo formados com o interferômetro em regime quântico

Frente a esta observação gerou-se intenso debate e interação durante a aula à procura de explicações e aceitação destas por parte dos colegas para a formação das mesmas figuras antes observadas. De acordo com os depoimentos dos alunos: “*Eu sabia. Vai meio fóton pra cada lado.*” ; “*Como que pode dar igual as ondas? Achei que não ia aparecer nada.*” ; “*O fóton não passou pelos espelhos.*” ; “*Não pode ser meio pra cada lado porque tem mais num anteparo do que no outro.*”

A figura 4.4.5 apresenta uma situação de debate entre os colegas durante a execução da simulação com o interferômetro virtual de Mach-Zehnder.



Figura 4.4.5- Interação entre os alunos no laboratório de informática

O aparecimento das mesmas figuras observadas na interferência com luz *laser* tornou-se ainda mais intrigante quando foi solicitado que então os alunos procurassem descobrir o caminho seguido pelo fóton. Assim, passaram a introduzir detectores no interferômetro e, mais uma vez surpresos, verificar a não formação das figuras de interferência, conforme representado na figura 4.4.6.

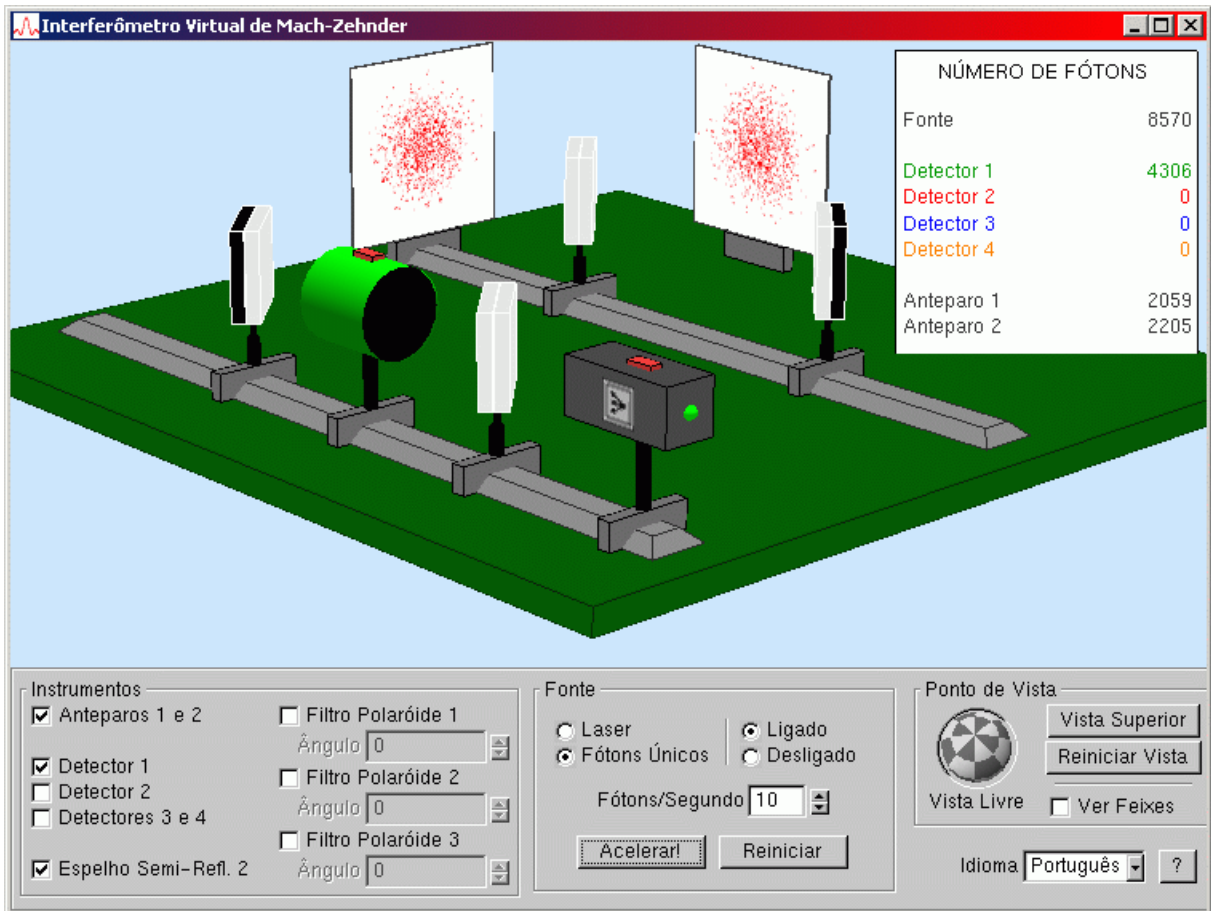


Figura 4.4.6 - Detecção do fóton e destruição das figuras de interferência

Frente às diversas tentativas, com um ou dois detectores, os alunos prosseguiram na procura por pistas de qual caminho o fóton havia seguido. Dentre os diversos comentários destacaram-se: “O fóton passou pelo caminho 1 porque este detector (detector 1), ta marcando.” ; “O fóton passou no caminho 2. Olha só o detector.” ; “Às vezes passa no caminho 1 e o detector pega e às vezes passa pelo 2.” ; “Não tem como saber direito, porque passa um pouco em cada lado.” ; “Como que pode aparecer fótons no anteparo 1 se no caminho 1 tem um detector.” ; “Por que não tem mais aqueles círculos?”

Propôs-se então uma outra forma de descobrir o caminho seguido pelo fóton: o uso de filtros polaróides, conforme a figura 4.4.7.

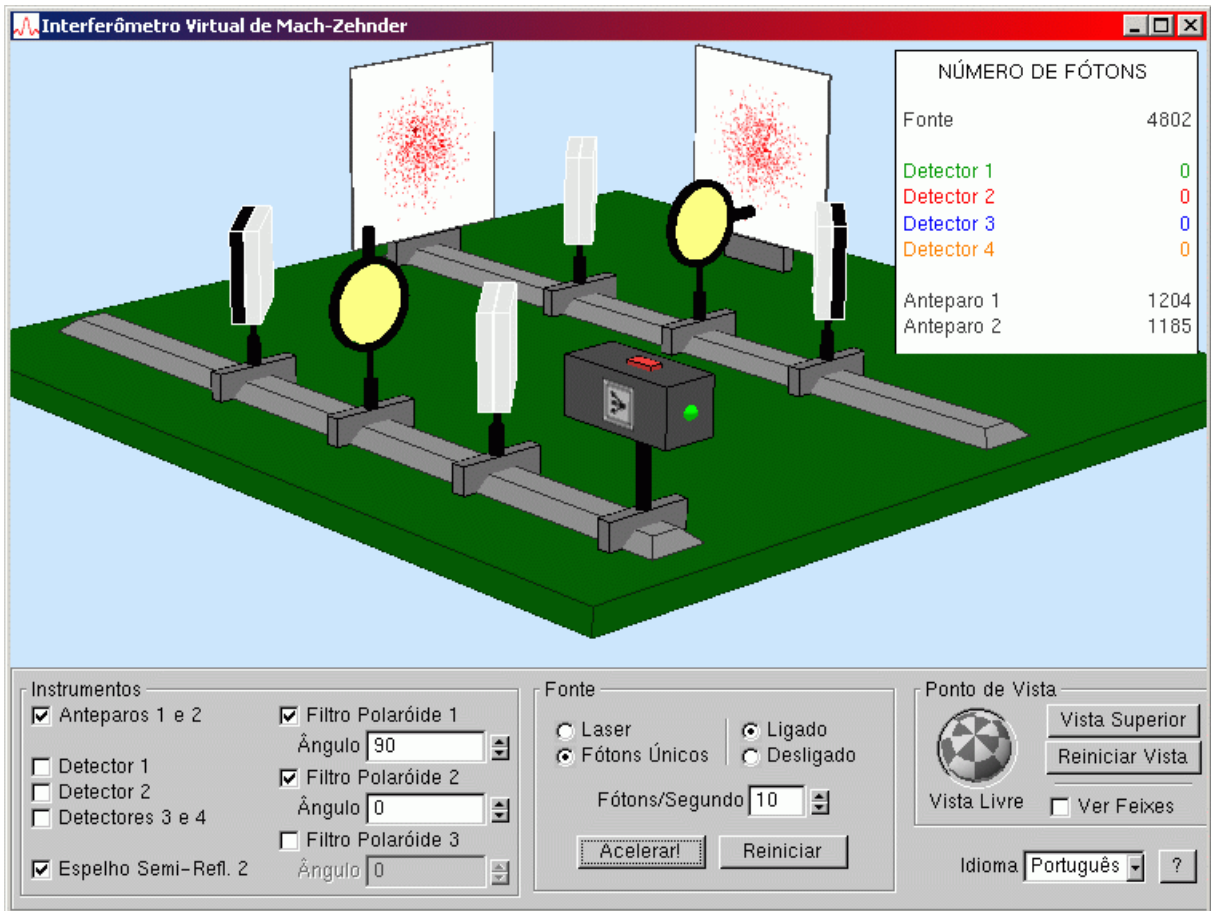


Figura 4.4.7 - Introdução dos polaróides no interferômetro e destruição das figuras de interferência

Mediante todas as opções testadas os alunos não conseguiam conciliar a detecção do fóton com a formação das figuras de interferência, o que gerou inquietação para vários e a desistência de alguns. De acordo com os comentários registrados: “*É que nem polarizar as ondas, só que com fótons.*” ; “*Pensei que não dava pra polarizar partículas.*” ; “*Ainda não sei por onde o fóton passou.*” ; “*Se eu mudar a inclinação de um, passa só um pouquinho.*” ; “*O fóton está na horizontal porque só com o polaróide 1 (inclinação de 0°) forma os círculos e se eu mudar o ângulo não aparece.*” ; “*É verdade, quando o ângulo vai aumentando a figura vai ficando borrada.*” ; “*No outro lado (filtro polaróide 2) dá a mesma coisa.*” ; “*Tenta com três polaróides pra ti ver. Só aparece a figura naquele lado (anteparo 2).*”

A impossibilidade de descobrir o caminho seguido pelo fóton e ao mesmo tempo observar as figuras de interferência foi explorada de modo a levar os alunos a concluir que o fóton tinha um “comportamento estranho”, segundo discurso de um deles: “*Acho que é que nem uma onda porque dá pra polarizar, mas só que daí eu não sei por onde ele passou. Sei lá, é meio estranho.*”

A partir de tal “comportamento estranho” introduziu-se o modelo da dualidade onda-partícula para explicar o comportamento dos fótons. Para esta abordagem, optamos pela formulação ondulatória da Física Quântica, proposta por Schrödinger devido à sua analogia com a Ótica Ondulatória Clássica. A existência de tal modelo deu origem a vários questionamentos por parte dos alunos, entre eles: *“Como é possível que uma partícula se comporte como uma onda? Qualquer objeto poderia apresentar este comportamento?”* ; *“A luz sempre apresenta este comportamento?”* ; *“Se ele (fóton) é uma onda porque aparecem pontos nos anteparos?”*

Num primeiro instante procurou-se responder aos questionamentos em termos de analogia com a ótica ondulatória clássica, porém, foi possível detectar em vários comentários a idéia de que um fóton é um corpo muito pequeno, evidenciando a representação das partículas como “bolinhas”. Dessa forma foi necessário recorrer à abordagem das partículas elementares e à discussão a respeito do postulado de de Broglie, calculando-se o comprimento de onda associado a um objeto macroscópico.

Com o modelo da dualidade onda-partícula, aparentemente, aceito por todos e então, tendo conhecimento das formas como as radiações se comportam, a seqüência de nosso estudo ocorreu com a exploração das formas de interação das radiações com a matéria. Passamos, portanto, a estudar os efeitos fotoelétrico e Compton, assim como a produção de pares.

Inicialmente procurou-se reconhecer o que realmente é cada um destes fenômenos e posteriormente, através da energia dos fótons associados, identificaram-se as situações onde cada um destes efeitos poderia ocorrer.

O estudo do efeito fotoelétrico foi feito inicialmente se referindo apenas à luz, sem salientar seu comportamento ondulatório ou corpuscular. A exploração detalhada do efeito fotoelétrico ocorreu de forma dirigida por um roteiro exploratório, em grupos de dois ou três alunos por computador. Este roteiro foi aplicado a um applet Java, de autoria do professor Angel ³⁷ Franco Garcia, acessado na internet, no endereço <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectrico/fotoelectrico.htm>. A figura 4.4.8 apresenta o Applet Java que simula o efeito fotoelétrico sendo executado.

³⁷ Angel Franco Garcia é professor do Departamento de Física Aplicada, E.U.I.T.I.-Eibar, Universidade do País Basco.

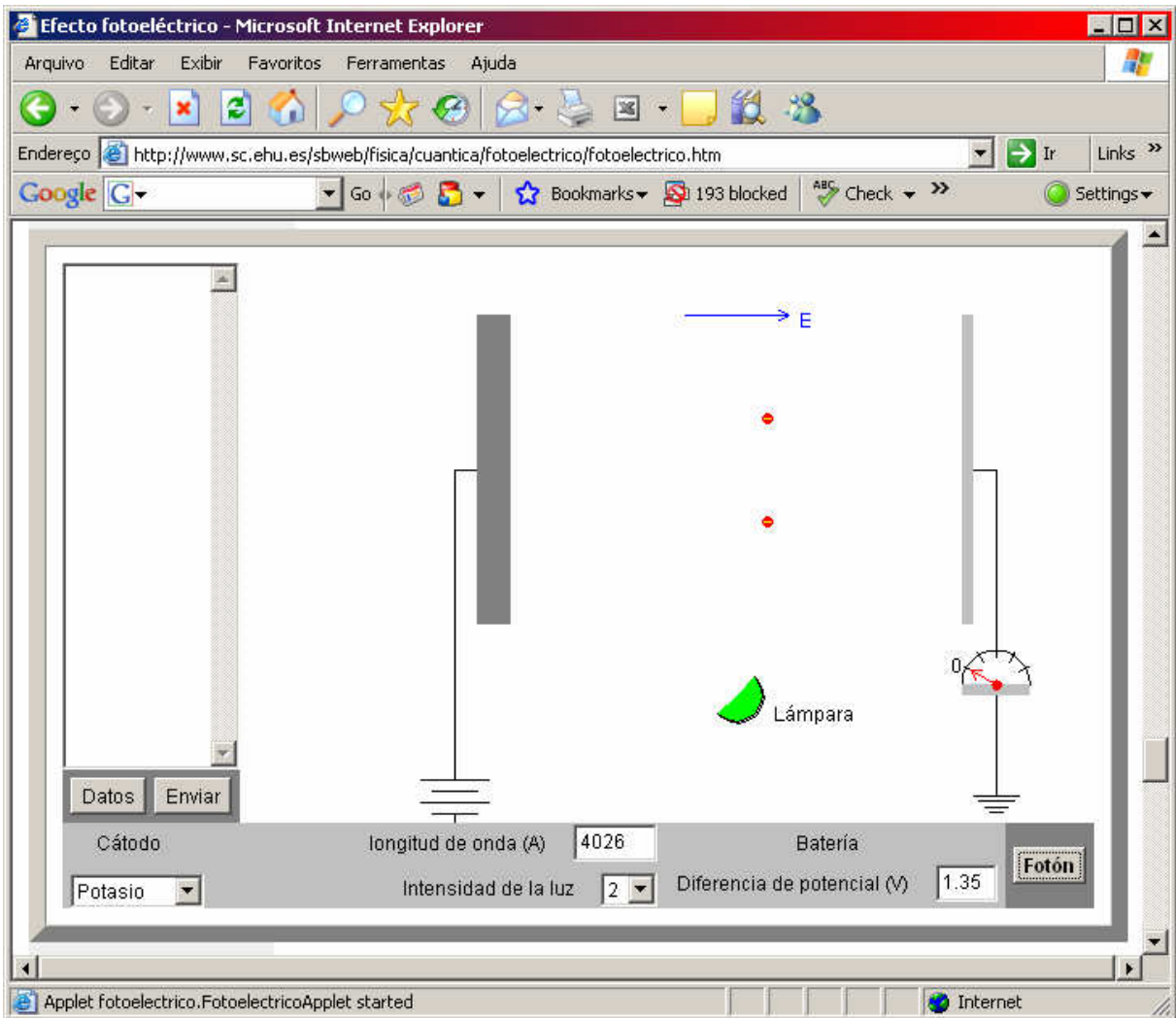


Figura 4.4.8 - Simulação do efeito fotoelétrico

Durante a execução deste roteiro, os alunos puderam explorar os fatores que interferem na ocorrência do efeito fotoelétrico. Mais uma vez observou-se o debate entre os alunos e o descontentamento de alguns quando suas previsões não correspondiam ao que era observado posteriormente: *“Quanto mais fótons eu usar, mais elétrons são arrancados.”* ; *“Conforme a luz que eu uso dá certo.”* ; *“Pra uns não dá com nenhum tipo de luz.”* ; *“Não tem nada a ver a quantidade de fótons, o que vale é o tipo de fóton.”*

Esta atividade foi marcada pela constante interação, a qual ocorreu principalmente entre os integrantes dos grupos, de modo que foi possível fazer um melhor acompanhamento da atividade em cada grupo. A solicitação do professor por parte dos alunos ocorreu com menos frequência, devido à maior segurança destes em trabalhar com simulação, em função da experiência prévia com a simulação do interferômetro de Mach-Zehnder e também devido ao nível de abstração envolvido ser bastante menor do que na simulação da dualidade onda-partícula. Aos poucos os alunos foram relacionando a ocorrência do efeito fotoelétrico com a

energia do fóton incidente. No decorrer da semana, foi disponibilizado um texto aos alunos, relatando as primeiras observações do efeito fotoelétrico, as explicações dadas em função de um modelo ondulatório para a luz e, por final, a resolução deste enigma com o modelo corpuscular.

O estudo do efeito fotoelétrico possibilitou uma abordagem interdisciplinar com Física do Radiodiagnóstico no momento em que esta disciplina tratou da utilização das telas intensificadoras (écrans). Estas possuem uma camada constituída por cristais de fósforo suspensos em plástico flexível. A camada de fósforo tem a propriedade de emitir luz quando este material é irradiado por um feixe de raios X, de modo que esta luz é que vai impressionar o filme radiográfico. Devido ao alto número atômico do fósforo (para as energias usadas em radiologia), quase toda a absorção dos raios X se dá pelo Efeito Fotoelétrico. O filme radiográfico é muito mais sensível à luz do que aos raios X, conseqüentemente o uso da tela possibilita uma considerável redução do tempo de exposição o que acarreta uma diminuição da dose a que o paciente é exposto.

Esta abordagem interdisciplinar possibilitou também a relação do efeito fotoelétrico com a redução dos efeitos biológicos no paciente devido a possibilidade de se operar com exposições menores e formar mesmo assim imagens com boa qualidade.

Para o estudo do efeito Compton foi solicitado aos alunos uma breve leitura relativa ao tema, o qual seria tratado no próximo encontro. Para isso, acessaram, na página da disciplina, um texto que apresentava o efeito Compton, bem como sua explicação baseada no modelo corpuscular para as radiações. A representação de tal efeito foi feita a partir da exploração livre de um Applet Java na internet, no endereço <<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/compton/Compton.htm>>. A figura 4.4.9 apresenta o Applet Java que simula o efeito Compton sendo executado.

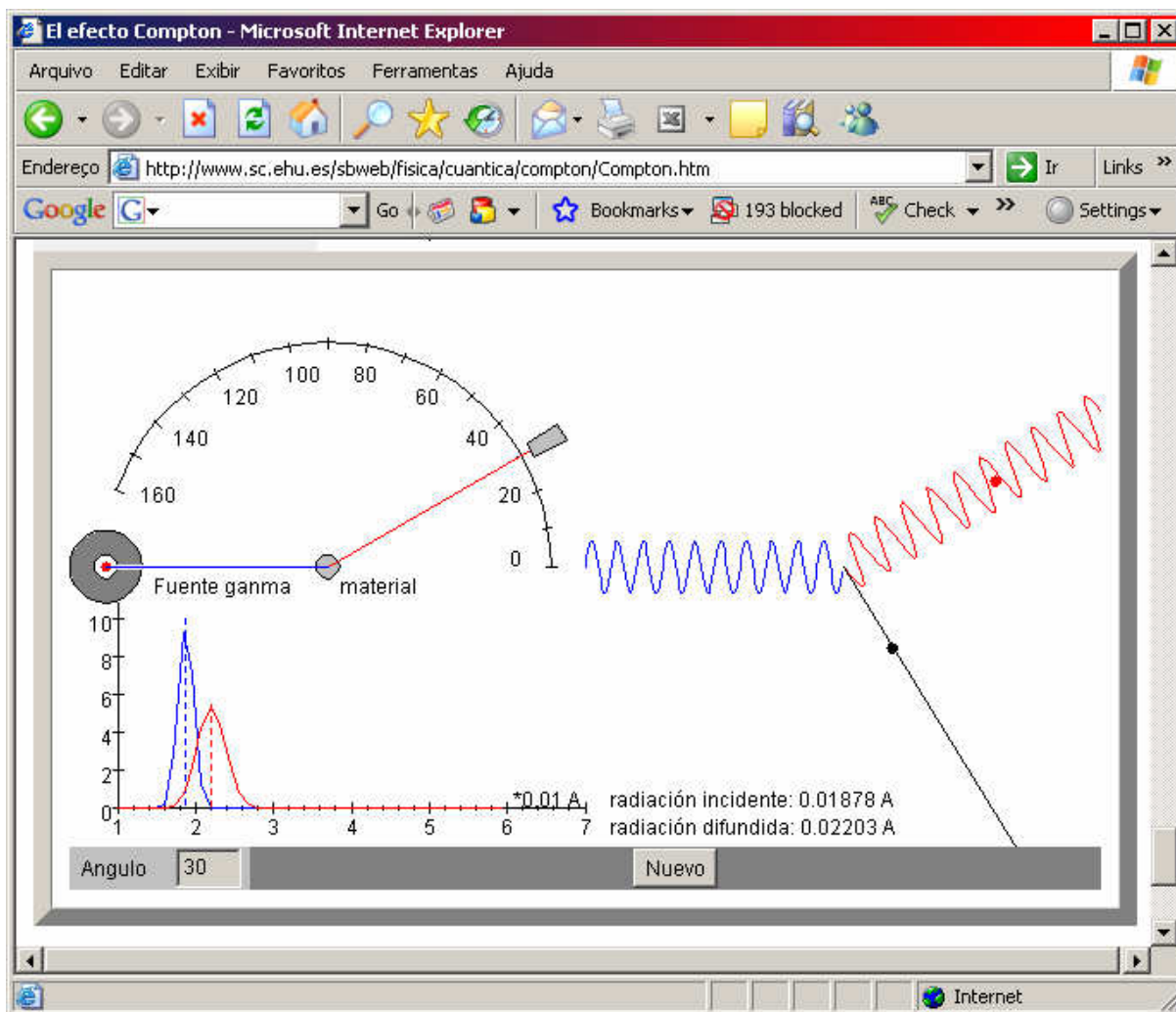


Figura 4.4.9 - Simulação do efeito Compton

A partir da variação do ângulo de detecção dos fótons espalhados, os alunos puderam relacionar a simulação com a teoria, discutindo a validação do modelo corpuscular para as radiações. Segundo a fala de um aluno: *“É como jogar sinuca. Se bater de frente a bola volta e se bater de raspão ela vai pra um lado.”*

Dentre as três formas de interação propostas para nosso estudo, a formação de pares foi explorada mais superficialmente, apenas em função de seu caráter corpuscular, pois não se manifesta nas energias associadas aos raios X. Dessa forma, a abordagem deste efeito foi feita apenas teoricamente, a partir da projeção de imagens que representavam sua ocorrência.

De posse do conhecimento relativo ao comportamento das radiações e formas de interação com a matéria, fez-se a aplicação da teoria às situações práticas a partir do estudo da interação dos raios X e gama com a matéria e do efeito Compton como justificativa para o uso de dispositivos de proteção radiológica. Estas radiações, devido ao seu caráter ondulatório e ausência de carga e massa, possuem um poder de penetração muito grande, percorrendo

grandes distâncias entre as interações. A partir desta análise, fez-se a introdução da seção seguinte, onde foi aprofundado o estudo referente a interação dos tipos de radiação com a matéria.

Partindo para uma abordagem mais teórica das radiações, explorou-se a relação entre a intensidade da radiação incidente e da radiação resultante da interação com a matéria. Assim, relacionando a equação $I = I_0 e^{-\mu x}$, foi possível explorar a absorção da radiação de forma exponencial em função da espessura percorrida e de seu coeficiente de atenuação linear total (μ) devido aos efeitos fotoelétrico, Compton e produção de pares. Dessa forma, os alunos conseguiram fazer relações do conteúdo que estão estudando com o que foi abordado anteriormente.

Tendo posse de todos os ingredientes necessários ao estudo das interações, passamos a explorar a interação das radiações diretamente ionizantes com a matéria, abordando o poder de freamento em função da transferência de energia (LET). Neste momento nos restringimos ao alcance das partículas carregadas nos materiais, abordando a interação das partículas alfa³⁸ e dos elétrons com a matéria.

A avaliação deste bloco foi feita a partir da participação dos alunos tanto nas aulas teóricas quanto nas simulações, avaliação escrita dos temas abordados e apresentação de um trabalho cujo tema era “Aplicações das radiações na Medicina”. Os alunos foram separados em 6 grupos aos quais foi destinado o tema geral, sendo sorteado aos grupos as seguintes aplicações: radiologia diagnóstica, radioterapia e medicina nuclear, ficando cada assunto para ser apresentado por dois grupos. A partir das apresentações dos grupos foi elaborada uma apresentação única e retomada com o grupo.

Em nossa organização dos conteúdos, a ordem lógica para o estudo das radiações fez com que coubesse à terceira etapa do trabalho a abordagem dos efeitos das radiações no organismo, bem como sua detecção para fins de proteção.

A grande importância da abordagem dos tópicos do bloco III está relacionada ao fato de a inserção do técnico em radiologia na sociedade ocorrer de forma a interferir na qualidade de vida das pessoas. Esta interferência se dá de forma positiva pela possibilidade de obter imagens que venham a fornecer um diagnóstico preciso e de forma rápida, ou negativa, pelos prejuízos que podem ser causados ao paciente frente à negligência por parte dos técnicos. É

³⁸ As partículas alfa interagem por colisões inelásticas com os elétrons ligados, levando à excitações e ionizações. A interação das partículas beta (elétrons) se dá por colisões inelásticas com os elétrons atômicos ou pela diminuição da velocidade devido a interação coulombiana com o campo do núcleo, levando, no primeiro caso, à excitações e ionizações e, no segundo, à produção de radiação de frenamento.

de suma importância evidenciar para o aluno que na sala de raios X estão duas pessoas: um paciente, leigo em relação aos raios X e em busca de diagnóstico e um profissional que tem todo um conhecimento de como proceder de modo a interferir positivamente em seu diagnóstico e preservar suas vidas.

Este bloco, o qual teve a duração de 12 horas-aula, abriu espaço para amplas discussões relacionadas ao uso da ciência como uma potente ferramenta que permitiu ao homem desenvolver tecnologias em praticamente todas as áreas onde atua. Estas tecnologias podem interferir de diversas formas na sociedade: necessidade de dominação e conquista de poder (fissão nuclear para produção da bomba atômica), alternativas para solução de problemas (fissão nuclear para fornecimento de energia, desenvolvimento da máquina a vapor), conforto (telefones celulares, televisores, microondas), saúde (métodos diagnósticos), indústria (equipamentos de precisão), entre outros. Assim, evidencia-se a interligação existente entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, de modo que o aluno poderá se ver inserido nesta rede de relações.

De acordo com Brasil (2006b, p. 63), “o enfoque CTS pode contribuir para a construção de competências, tais como: atitudes críticas diante de acontecimentos sociais que envolvam conhecimentos científicos e tecnológicos, e a tomada de decisões sobre temas relativos à ciência e à tecnologia, veiculadas pelas diferentes mídias, de forma analítica e crítica”.

No caso do curso Técnico em Radiologia Médica, estas discussões podem abordar principalmente a interferência positiva que a Física teve sobre a Medicina, fornecendo principalmente tecnologias relacionadas ao diagnóstico, desde os raios X até a tomografia computadorizada.

De acordo com Silva e Souza Cruz (2004, p. 3)

considerando-se uma perspectiva educacional abrangente, o papel mais importante a ser cumprido pela educação formal é o de habilitar o aluno a compreender a realidade (tanto do ponto de vista dos fenômenos naturais quanto dos sociais) ao seu redor, de modo que ele possa participar de forma crítica e consciente dos debates e decisões que permeiam a sociedade na qual se encontra inserido. Com isso, as disciplinas além de propiciar os conhecimentos para a compreensão dos fenômenos da natureza, devem também desenvolver a capacidade dos alunos para assumirem posições em relação a problemas controversos e agirem no sentido de resolvê-los.

Durante as aulas houve debates que tornaram possível observar o envolvimento dos alunos em relação à presença da tecnologia e sua interferência na sociedade, alguns citando informações que ouviram de outra pessoa ou que obtiveram por leituras em revista e internet

como, por exemplo, a descoberta acidental do potencial das microondas para produzir aquecimento e o desenvolvimento das fraldas descartáveis e do teflon a partir de tecnologias usadas para viagens ao espaço.

Conforme apresentado aos alunos, o conhecimento leva ao desenvolvimento de tecnologias. No caso da Física é preciso observar, experimentar e também medir. Assim, o estudo dos efeitos das radiações só é possível, a partir do momento em que se conhecem as radiações e se pode quantificá-las. Para isso, a partir de unidades de medida já conhecidas pelos alunos (Curie, Becquerel, Coulomb e Joule), introduziu-se, de forma tradicional, via giz e quadro negro, o estudo das grandezas exposição, dose absorvida e dose equivalente para fins de radioproteção ou como indicativo de risco à saúde. Estas grandezas representam a medida das quantidades de radiação utilizando-se a própria radiação e os efeitos produzidos pela sua interação com a matéria. Mesmo sendo um tópico de difícil abordagem, não há como não dar importância a ele, pois as medidas de proteção e o estudo dos efeitos biológicos das radiações dependem do conhecimento das intensidades expressas por tais grandezas. A partir destas unidades apresentaram-se os valores máximos estabelecidos para os trabalhadores com radiação e pacientes, para posterior correlação com os efeitos biológicos.

Durante a seleção dos materiais a serem utilizados para a abordagem dos efeitos biológicos das radiações encontrou-se na revista *Ciência Hoje*³⁹ um excelente relato acerca do acidente radiológico ocorrido em Goiânia. Devido à facilidade de acesso foi possível também manter contato com a pesquisadora Ana Maria Xavier⁴⁰, do Departamento de Biofísica da UFRGS, tendo acesso a diversos materiais, entre eles fotos de acidentes radioativos e o documento *“The Radiological Accident in Goiânia”*, publicado pela International Atomic Energy Agency, em 1988. De maneira informal, questionou-se a pesquisadora quanto à realidade acerca dos efeitos biológicos das radiações em relação à existência de estudos direcionados à incidência de câncer tanto em radiologistas quanto em profissionais da aviação.

Como se sabe a ocorrência de tais efeitos tem um caráter probabilístico, ou seja, quanto maior a exposição, maior a probabilidade de se manifestarem efeitos no organismo. Segundo a pesquisadora, não existem estudos envolvendo radiologistas ou aviadores, certamente, devido à pequena taxa de amostragem disponível, o que inviabiliza a realização de pesquisas conclusivas acerca deste tema.

³⁹ Suplemento da Revista *Ciência Hoje* n. 40, v. 7, março de 1988.

⁴⁰ Ana Maria Xavier é pesquisadora titular da Comissão Nacional de Energia Nuclear e participa desde 1993, como perita brasileira, em missões no exterior e em diversos grupos de trabalho da Agência Internacional de Energia Atômica. Atualmente, coordena, pela CNEN, as atividades do Acordo de Mútua Cooperação firmado com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul e também colabora com o Instituto de Física em suas atividades de pesquisa e extensão no campo das radiações ionizantes e com o Serviço de Proteção Radiológica.

De posse de todo esse material optou-se por fazer a abordagem inicial dos efeitos biológicos das radiações sensibilizando-se os alunos quanto à existência de tais efeitos, exibindo-se o filme⁴¹ “Césio 137: O pesadelo de Goiânia”. Frente aos olhares espantados dos colegas e expressões de pavor um aluno exclamou: “*Ainda dá pra cancelar a matrícula?*”. Ao final da exibição, chamou-se a atenção da turma para o fato de que, neste caso, as vítimas sofreram exposição direta e prolongada a uma fonte radioativa. A partir de então procedeu-se ao estudo do tema em questão. Neste bloco, as aulas contaram com alguma demonstração, neste caso, o filme e a seguir a apresentação de *slides* referentes ao tema tratado. Especificamente, no tema dos efeitos biológicos, as apresentações foram acompanhadas pelo trabalho com o texto “Radiações Ionizantes e a vida⁴²”, de autoria da CNEN e um encarte do jornal Zero Hora, que exibiu uma série de reportagens sobre mulheres que lutam contra o câncer, inclusive uma técnica em radiologia.

Inicialmente se estabeleceu a relação entre o poder de penetração das radiações e os danos biológicos associados, retomando a interação das partículas alfa e beta e dos raios X e gama com a matéria. Em função do tempo de exposição, forma de exposição e energia da radiação recebida, os efeitos no organismo podem ser diversos. Frente à necessidade de abordar muitos conceitos próprios da Biologia foi necessário consultar bibliografia específica e fazer um estudo à parte da organização celular dos seres vivos, processos de diferenciação celular, estruturas nucleares e mutações.

Quanto aos efeitos físicos causados pela radiação no organismo, procurou-se relacionar a sua ocorrência à transferência de energia para a matéria através dos processos de interação e a produção de elétrons livres e íons. Dessa forma, a indução de câncer pelas radiações foi explorada em função não apenas de modificações celulares, mas também do ponto de vista da Física, devido às taxas de transferência linear de energia, correlacionando assim este estudo com a interação da radiação com matéria.

Frente às estratégias adotadas para o estudo dos efeitos biológicos das radiações foi possível mobilizar os alunos quanto à importância dos cuidados a serem tomados ao trabalharem com tais formas de energia a fim de preservarem suas vidas e a dos seus pacientes.

⁴¹ Este filme foi produzido em 1991 por Roberto Pires, Luiz Antonio de Carvalho, Master produtora e Grupo Coplaven a partir de depoimentos das vítimas envolvidas no acidente radioativo (o segundo maior acidente nuclear do mundo), ocorrido em Goiânia, no ano de 1987, a partir da violação de uma cápsula contendo césio-137. Uma versão deste filme pode ser obtida em <<http://www.fcf.usp.br/Ensino/Graduacao/Disciplinas/LinkAula/My-Files/news.htm>>.

⁴² Na página da disciplina foi feito um *link* para a página da CNEN onde é possível acessar o texto.

O fechamento do terceiro bloco de conteúdos ocorreu com a abordagem das formas de detecção das radiações, as quais são de extrema importância para o radiodiagnóstico, uma vez que uma detecção imediata das mesmas torna possível a tomada de medidas de proteção.

A exploração deste tópico ocorreu a partir do estudo das propriedades dos detectores, as quais definem sua escolha em função do tipo de radiação que se quer detectar, do tipo de informação desejada, como o número de contagens ou a energia da radiação e do intervalo de tempo de interesse. Estas aulas foram trabalhadas com texto próprio e apresentação de *slides* relacionando as formas de detecção das radiações com os mecanismos de interação da radiação com a matéria e a energia das radiações exploradas no bloco I. Foi feita a apresentação de um contador Geiger-Müller e do dosímetro usado pelos técnicos, conforme a figura 4.4.10.



Figura 4.4.10 - Dosímetro padrão

A avaliação deste bloco foi baseada em um teste de conhecimentos a respeito dos assuntos abordados, onde as questões exigiam que o aluno além de relacionar os efeitos biológicos das radiações reconhecesse a ocorrência de tais efeitos como resultado da transferência de energia das radiações para a matéria.

A introdução do quarto bloco de conteúdos, com duração de 6 horas-aula, foi feita retomando-se os grandes avanços da Medicina que foram possibilitados pela evolução do conhecimento em Física, mais especificamente a dependência das técnicas de diagnóstico. Devido à grande expansão das técnicas de radiodiagnóstico e dos consideráveis efeitos

associados à interação da radiação pelo organismo, é necessário que existam formas de atenuar tais efeitos e normas de controle para a operação de equipamentos. Foi destinado, portanto, a este bloco a abordagem da legislação existente em relação à operação de equipamentos de radiodiagnóstico e dos dispositivos usados para fins de radioproteção. As aulas deste bloco de conteúdos constaram de apresentação de *slides* referentes ao tema em questão e debate em sala de aula.

A proteção radiológica tem a finalidade de prevenir ou diminuir os efeitos somáticos e hereditários das radiações e, assim, reduzir os danos celulares causados nos profissionais que trabalham com radiação, nos pacientes e no público em geral. Retomando-se os questionamentos relacionados à ocorrência de câncer, trabalhou-se novamente com os alunos a grandeza dose absorvida de modo a relacionarem a probabilidade de ocorrência de tal dano às doses acumuladas ao longo de vários anos. Assim foram introduzidos os princípios de proteção radiológica (justificação, otimização e limitação de dose) como guias para minimizar as doses envolvidas em radiodiagnóstico.

Associadas a estes princípios foram exploradas outras formas de radioproteção, como distância da fonte, blindagem individual, blindagem para pacientes e tempo de exposição. Considerando-se que os fótons de raios X e gama são capazes de atravessar a matéria, a redução na intensidade de um feixe que emerge após o material é determinada pela energia da radiação incidente, natureza do material absorvedor e sua espessura. Isto possibilitou uma retomada do efeito Compton demonstrando que sua ocorrência, influenciada pela espessura do absorvedor, é um dos fatores que interferem na absorção da energia das radiações. A partir da aproximação exponencial, calculou-se a espessura de uma barreira para fins de radioproteção, o que serviu para estabelecer relações entre o conteúdo visto em aula anteriores e sua aplicação prática.

A seqüência deste bloco ocorreu com a apresentação da legislação referente ao uso das radiações ionizantes, abordando-se a Portaria 453 (Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico) e a Norma CNEN NE 3.01 (Diretrizes Básicas de Radioproteção).

Foram abordados diversos aspectos relacionados às formas de radioproteção e, como forma de encerramento dos conteúdos, procurou-se justificar a necessidade de cada uma retomando-se os conteúdos antes abordados, assim como os efeitos biológicos, interação da radiação com a matéria e as formas de detecção.

A avaliação dos conteúdos deste bloco constou de uma prova de conhecimentos teóricos na qual se procurou que os alunos demonstrassem ter estabelecido relações entre os tópicos abordados ao longo do semestre.

5 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Em função das exigências da instituição, o modelo de avaliação utilizado para os alunos não se distanciou muito do tradicional adotado na escola. Devido à exigência de notas, tanto por parte da escola quanto pelos alunos, e à dificuldade destes em aceitar um modo mais aberto de avaliação foram realizadas provas de conhecimentos teóricos ao longo do semestre. Procurando entrar em sintonia com o referencial teórico considerado (sócio-interacionista) sem, no entanto, radicalizar a forma de avaliar, após algumas aulas estabeleceu-se com os alunos o peso de 60% para as provas e/ou trabalhos e 40% para a participação em aula (presença, participação nos debates). Isto foi possível a partir do momento em que os alunos perceberam que estavam sendo constantemente cobrados em aula a partir de sua participação e, então, conforme dito por um deles: “*Por que não avaliar assim também?*”.

A avaliação de desempenho do projeto desenvolvido baseou-se nas observações feitas em sala de aula e nos depoimentos dos alunos ao final do semestre, conforme apêndice E, bem como na comparação com o questionário oferecido aos alunos dos semestres anteriores. A seguir, descreve-se de maneira mais detalhada o que foi possível verificar durante a aplicação do projeto “*A Física Moderna no processo de formação de Técnicos em Radiologia Médica*”. Os depoimentos registrados ao longo deste capítulo encontram-se em seu formato original.

Procurando conhecer um pouco mais da realidade social dos alunos envolvidos na disciplina, questionamos quanto aos interesses pela procura do curso Técnico em Radiologia Médica. As respostas dos alunos puderam ser reunidas em três grupos: pela necessidade de um emprego melhor; querem um emprego melhor e gostam da área da saúde; pela pouca concorrência do mercado de trabalho. É interessante observar que a realidade desta turma difere completamente da situação social vivida atualmente em diversos lugares do país. Todos os alunos têm um trabalho atualmente, 75% no comércio, 19% em fábricas e 6% em serviços terceirizados. Este índice de empregabilidade certamente está ligado às diversas possibilidades oferecidas pelo desenvolvimento da região da serra gaúcha.

Esta pesquisa revelou que a maioria dos matriculados na turma em questão, 75%, estão à procura de melhores condições de trabalho com a possibilidade de agregar a isso uma afinidade com a área desejada, enquanto 21% dos matriculados simplesmente querem um emprego melhor independente de gosto pela área ou não e o restante, 4%, aliam a pouca concorrência no mercado de trabalho com o custo do curso.

Em relação às atividades desenvolvidas, a figura 5.1 apresenta a distribuição percentual das opiniões dos alunos quanto ao método de trabalho adotado na disciplina Proteção Radiológica.

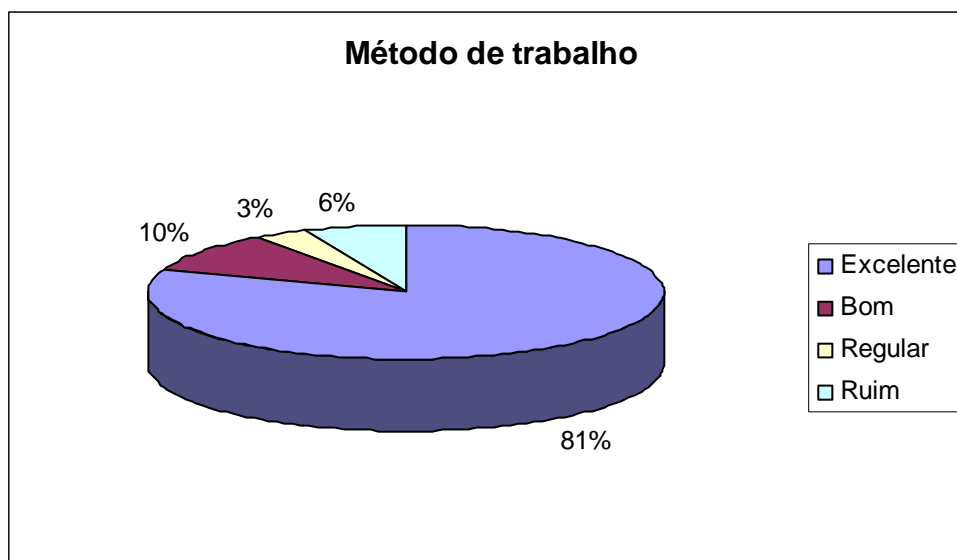


Figura 5.1 - Opinião dos alunos quanto ao método de trabalho

Assim, em relação ao método de trabalho alguns alunos se manifestaram da seguinte forma:

Aluno J.J.M.M.

“Porque além de poder estudar alguns conteúdos que ainda não tinha estudado tive a oportunidade de fazer as experiências no computador.”

Aluna V.B.

“Foi 10. O professor debatia com a gente e não ficava só fazendo contas no quadro. Não dava pra dormir na aula.”

Aluna C.S.G.

“As aulas foram um show. Poder ler e discutir textos em aula, coisas da atualidade e usar o computador no laboratório fez as aulas ficarem interessantes.”

Aluno E.A.F.

“Gostei, porque as aulas eram diferentes a cada dia. Um dia tinha teoria, outro dia tinha debate e às vezes a gente usava o computador.”

Aluno J.S.P.

“Não gostei. Às vezes o professor estava falando de uma coisa e daí já pulava pra outra e eu fiquei meio perdido.”

Aluna F.A.M.

“Gosto de fazer as contas. Como não sou muito de falar não participei muito das discussões e não fui muito bem. Tinha muita teoria.”

Aluna J.V.P.C.

“Foi bom porque eu nunca tinha discutido nada em aulas de Física. O professor fez a gente falar bastante. Gostei de poder trabalhar junto com os colegas.”

Analisando o gráfico anterior e interpretando os depoimentos de alguns alunos pode-se considerar que o método de trabalho foi adequado para abordar os tópicos referentes à disciplina em questão. As insatisfações observadas em alguns depoimentos estão fortemente ligadas à forma como estes alunos vêem a Física e, nesse ponto de vista, não conseguimos mudar a impressão que os alunos têm, certamente influenciado por suas vivências anteriores à nossa intervenção. A análise de alguns depoimentos em relação ao sentimento dos alunos quanto à Física durante o semestre complementa nossa análise referente ao método de trabalho.

Aluna R.X.C

“Sempre gostei de física e agora mais ainda. Os conteúdos desafiavam a gente a pensar.”

Aluno F.C

“Nunca pensei que a Física tava tão presente assim na nossa vida, ainda mais nos raios X. O fato de ser algo ligado à nossa profissão tornou seu estudo interessante.”

Aluna I.S.P.

“Fiz EJA e a física que eu estudei não tinha nada a ver com isso. Não me lembrava de mais nada e me senti meio perdida nas aulas.”

Aluna G.M.P.

“Pensei que tinha me livrado de física. Embora o professor tenha feito de tudo pra me ajudar eu estava quase sempre perdida.”

Aluno E.A.F

“No segundo grau só tinha que fazer contas e eu nunca fui muito bem. Me senti muito tranqüilo, ainda mais quando vi que não tinha que fazer muita conta.”

Aluna L.S.K.

“Embora eu tenha feito EJA, consegui acompanhar as aulas. Dava pra ver onde a física ia ser usada na nossa profissão e isso facilitou bastante.”

Frente às vivências em sala de aula e às colocações feitas pelos alunos, é possível ver o quanto a metodologia de trabalho pode influenciar o aprendizado. Conforme descrito nos depoimentos, a abordagem de uma Física menos matematizada e mais conceitual, bem como sua aplicação torna seu aprendizado prazeroso, despertando o envolvimento dos alunos com o assunto estudado.

Com o intuito de verificar se nosso trabalho atuou positivamente na formação dos alunos, futuros técnicos, procuramos verificar se eles conseguiram relacionar aquilo que foi estudado com ações de proteção radiológica. Perguntamos se viam algum vínculo entre as formas de interação da radiação com a matéria e os efeitos causados no organismo. De acordo com alguns depoimentos:

Aluna C.T.

“Tem tudo a ver. Quanto mais a radiação penetra no organismo mais danos ela pode causar. É por isso que tem que se proteger dos raios x.”

Aluna V.C.

“Uma coisa tá ligada a outra. A radiação interage com a matéria e cede energia pra ela. Daí essa energia pode causar a destruição das células.”

Aluno A.V.

“As radiações transferem energia pra matéria e causam ionização nos seus átomos. Para evitar que isso aconteça tem que usar proteção porque absorve um pouco da radiação e assim ela penetra com menos energia.”

Aluna C.S.G.

“Os raios X são muito penetrantes, pois não tem carga elétrica. Assim tem que usar uma proteção de chumbo para absorver ao máximo sua energia. Mesmo que a radiação que

sobre seja fraca ao longo dos anos ele vai se acumulando e pode gerar destruição das células.”

Aluna D.A.B.O

“Além de proteger nós mesmos, temos que proteger também os pacientes, pois ele vai receber uma dose muito grande e isso poderá afetá-lo.”

Aluno F.C.

“Não dá pra esquecer de usar o dosímetro. Embora ele não proteja das radiações, ele é capaz de detectar as doses que recebemos fazendo com que se tomem mais cuidados. No início os cientistas tiveram câncer direto, mas hoje isso praticamente não acontece porque se toma mais cuidados.”

De um modo geral pode-se dizer que foi possível conscientizar os alunos quanto aos efeitos biológicos das radiações e à necessidade de proteção, uma vez que estes se demonstraram bastante preocupados com a possibilidade da lenta destruição de células podendo causar, em longo prazo, alguma degeneração.

Tendo despertado nos alunos essa necessidade de radioproteção, a partir do conhecimento das radiações e suas formas de interação, procuramos identificar os motivos pelos quais muitos técnicos em radiologia não se protegem corretamente. Foram oferecidas cinco opções de resposta para esta questão: esquecimento, pressa para atender os pacientes, falta de consciência quanto à necessidade de utilizá-los, falta de conhecimento a respeito dos efeitos das radiações ou a dose de radiação que chega ao corpo é pequena e não causará danos.

A figura 5.2 ilustra a distribuição percentual dos motivos indicados pelos alunos no início do semestre, enquanto estes ainda não tinham conhecimento do que eram as radiações ou dos seus efeitos no organismo.

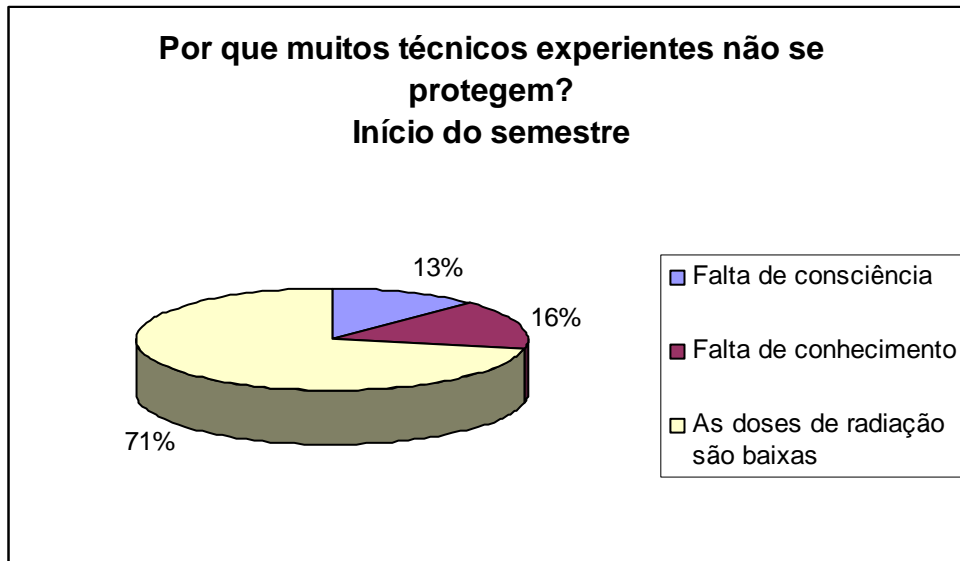


Figura 5.2 – Proteção dos técnicos na opinião dos alunos no início do semestre

Ao final do semestre, esta pergunta foi feita novamente aos alunos, observando-se os percentuais indicados na figura 5.3.

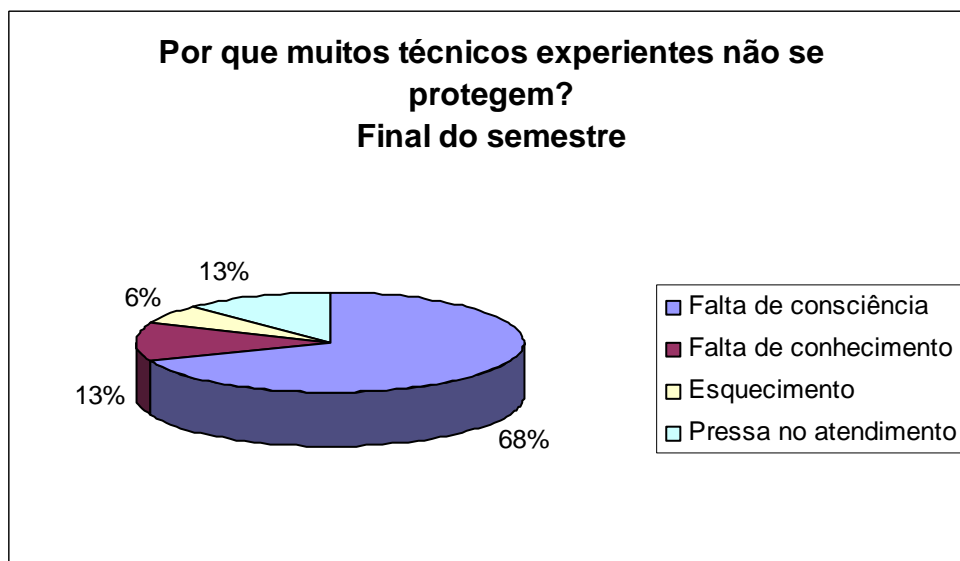


Figura 5.3 - Proteção dos técnicos na opinião dos alunos ao final do semestre

Conforme pode ser visto neste gráfico, a opinião dos alunos é de que falta conscientização dos técnicos em relação à necessidade da radioproteção. Certamente os técnicos em radiodiagnóstico têm conhecimento dos perigos que correm e expõem seus pacientes, o que lhes falta é colocar este conhecimento em prática e não se deixar levar pelo automatismo com que as coisas são feitas após um longo tempo exercendo a mesma função. Pelo contrário, partindo da conscientização dos efeitos das radiações, tanto do ponto de vista

da Física como da Biologia, a radioproteção terá se tornado um hábito, porém praticado de maneira racional.

Levando em consideração as visitas feitas a alguns estagiários na fase inicial das entrevistas com os alunos de semestres anteriores constatou-se que muitos deles também não se protegiam corretamente. Isto é preocupante, pois a formação destes estagiários é bastante recente. A figura 5.4 apresenta a distribuição percentual da opinião dos alunos da disciplina de Proteção Radiológica, frente às mesmas opções, quanto a estes descuidos por parte de estagiários.

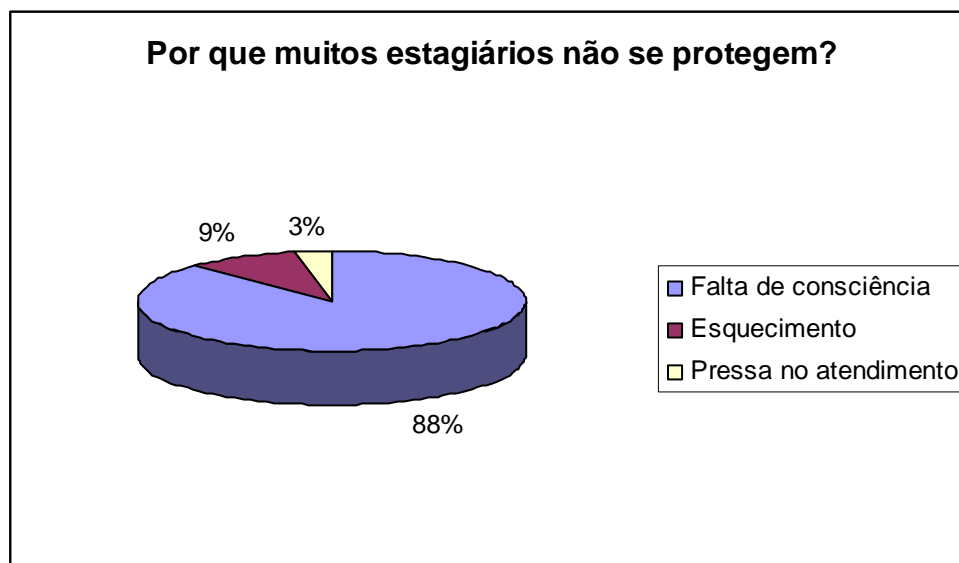


Figura 5.4 - Proteção dos estagiários na opinião dos alunos

Segundo a opinião destes alunos, não falta conhecimento a respeito dos efeitos das radiações, visto que estes alunos, embora não estejam atuando, concluíram as disciplinas exigidas no curso. Parece que mesmo sabendo dos riscos que correm não há uma verdadeira crença em relação aos efeitos danosos que podem ocorrer no organismo. Estes percentuais justificam-se ao longo do tempo de atuação como técnicos em radiologia, uma vez que a rotina do trabalho faz com que sejam dispensadas maiores cuidados.

Procurando-se chegar aos reais motivos que levam à ignorância da necessidade de proteção radiológica, foram analisadas as respostas de alunos de outros semestres e também de estagiários quanto à proteção radiológica. Foram 61 entrevistados, entre estagiários e alunos de outros semestres. Frente às mesmas opções de resposta, os percentuais correspondentes estão representados nas figuras 5.5 e 5.6.

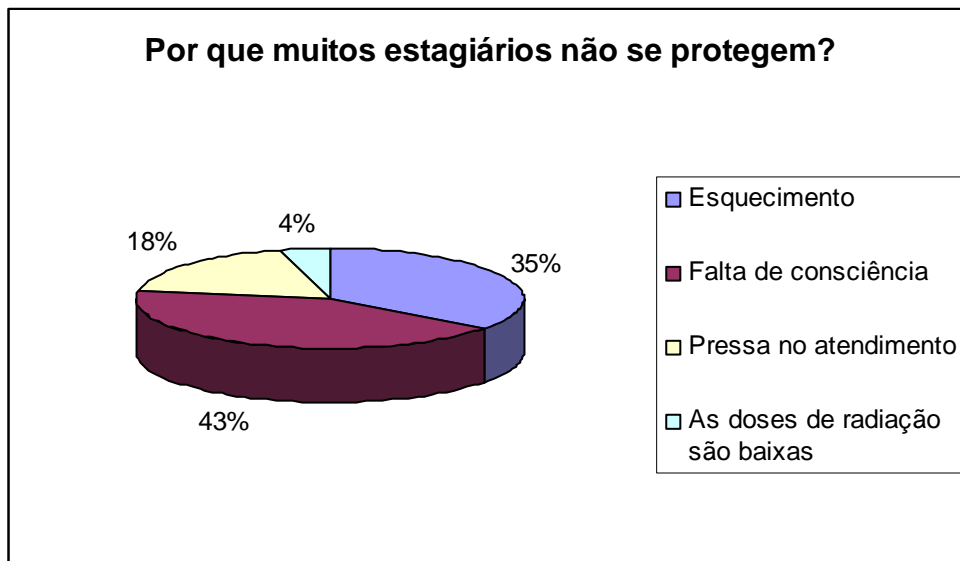


Figura 5.5 – Proteção dos estagiários na opinião de ex-alunos

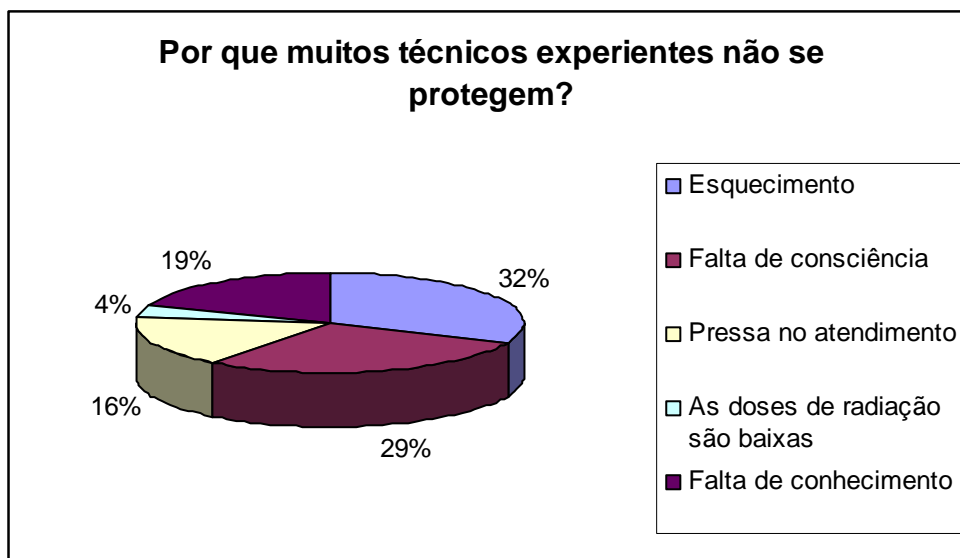


Figura 5.6 - Proteção dos técnicos na opinião de ex-alunos

Analisando a figura 5.5 observa-se que a variável de maior influência sobre as ações de radioproteção por parte dos estagiários é a falta de consciência e em segundo plano o esquecimento.

Dois depoimentos muito interessantes por parte de estagiários revelam o que se passa na sua mente durante a realização de um procedimento.

Aluna S.T.S.

“No início eu ficava nervosa porque estava sendo supervisionada. Depois comecei a me acostumar. É só cuidar para posicionar bem o paciente para pegar bem o detalhe da

imagem e ajustar parâmetros. Nas primeiras vezes em que eu estava sozinha errei algumas vezes, mas agora sai tudo certo.”

Aluna T.T.

“É diferente das simulações que a gente fazia em aula. Não dá pra ficar pensando por que o paciente tá esperando. Já tem que saber o que vai se fazer. É como andar de bicicleta, depois de pegar o jeito vai.”

Em nenhum momento aparecem referências em relação aos cuidados quanto à proteção. Verifica-se, pelo contrário, certa automatização do processo, colocando-se como objetivo principal e por que não, único, a obtenção de uma boa imagem.

Em meio às visitas feitas a alunos em estágio foi possível conversar, de modo informal, com alguns técnicos (18 no total) e questioná-los quanto aos cuidados tomados em relação à radioproteção. Destes, dezessete responderam com um convicto “SIM” em relação aos cuidados com as radiações. Apenas um divergiu dos demais, expondo-se da seguinte forma:

“Olha, a verdade é que, todo técnico, por mais tempo que esteja atuando, sabe dos efeitos das radiações no organismo. O que acontece é que muitos ignoram isso. Usa-se dosímetro e biombo e deu. Muitas pessoas já têm receio de que os raios X fazem mal, agora tu imagina mandar o cara usar proteção. Claro que tomamos os cuidados necessários quanto à dose de radiação e exposição, mas não se vai muito além disso. Ah, proteção de gônadas a gente privilegia. Os técnicos mais velhos não têm muita paciência. Eles disseram que sim porque tu estava perguntando. Certamente ninguém ia dizer que não cuida.”

Não podemos considerar como verdade absoluta apenas um depoimento e tomado de maneira informal, mas a análise de alguns trechos do que foi descrito acima se tornam interessantes. Quando se diz que “muitos ignoram isso”, ficamos ainda mais convictos de que a falta de consciência é sim o fator agravante quanto à ausência de cuidados com radioproteção. Outro trecho que ainda não havíamos nos dado conta, mas que certamente está presente, pelo menos na cabeça dos pacientes, é de que os raios X são algo de extremo prejuízo à saúde e são usados apenas porque o benefício é muito maior.

Comparando as respostas de alunos e ex-alunos observa-se que a falta de consciência pode ser considerada como a grande vilã. Dessa forma, nossa proposta de trabalho, diante das diversas estratégias adotadas, procurou levar ao conhecimento dos alunos o porquê da necessidade de radioproteção.

Durante as aulas ministradas foram detectadas diversas dificuldades conceituais por parte dos alunos, principalmente no que se referiu à dualidade onda-partícula. Na pesquisa inicial a partir da qual se desenvolveu este projeto, questionaram-se os alunos quanto aos conteúdos que haviam estudado nas aulas de Física. Dos 32 alunos da turma apenas 2 tinham estudado dualidade onda-partícula no Ensino Médio.

Isto demonstra o quanto a Física Moderna ainda está fora das salas de aula. Embora a abordagem de tal tópico seja uma tendência atual e necessária e existam diversos relatos de sua introdução no Ensino Médio, ainda pode-se dizer que a formação dos alunos é essencialmente em Física Clássica, muitas vezes baseada em resolução de cálculos, o que dificulta em um primeiro momento, outras formas de apresentação da Física.

Dentre as diversas formas de avaliação adotadas, foram realizadas provas de conhecimento. No apêndice F encontra-se a avaliação aplicada durante o bloco temático II, no qual foi abordado o conceito central da nossa proposta, assim como os fenômenos de interação da radiação com a matéria. Analisando as respostas dadas pelos 32 alunos para as questões da avaliação, observamos que:

Questão 1: A partir do cálculo da energia da radiação incidente sobre um metal, verificou-se que todos os alunos responderam corretamente quanto à ocorrência de efeito fotoelétrico, demonstrando reconhecer que a radiação incidente precisa de uma energia mínima para arrancar elétrons.

Questão 2: Esta questão permitiu verificar se os alunos conseguiram estabelecer a relação entre a atenuação das radiações e a interação destas com a matéria. Verificamos que 27 alunos conseguiram responder plenamente ao questionamento, citando os efeitos fotoelétrico, Compton e produção de pares como responsáveis pela absorção da energia das radiações, resultando em energias menores. Os outros 5 alunos restringiram-se apenas ao primeiro questionamento, simplesmente dando uma definição do que é a atenuação.

Questão 3: O objetivo desta questão era retomar com os alunos os motivos pelos quais o efeito fotoelétrico não poderia ser explicado pelo modelo ondulatório. Das respostas para este questionamento, verificamos que 28 alunos responderam de modo satisfatório, 1 não respondeu e 3 apresentaram respostas confusas, como por exemplo confundindo intensidade da radiação com frequência e associando a energia dos fotoelétrons à intensidade. Este tipo de erro mostra que ainda persistem lacunas no aprendizado destes alunos, fornecendo indicativos de que estes não reconhecem às radiações como sendo constituídas de fótons e, por isso, não conseguem diferenciar os conceitos de intensidade e energia.

Questão 4: Esta questão teve como objetivo fazer com que o aluno reconhecesse que a interação das radiações com a matéria está ligada não apenas à sua energia, mas também à outras propriedades como, por exemplo, a carga elétrica, influenciando em diferentes capacidades de penetração. Todos os alunos conseguiram diferenciar, conceitualmente, as radiações diretamente e as indiretamente ionizantes, inclusive dando exemplos. No entanto, somente 24 alunos associaram esta diferença ao poder de penetração. Isto vem a corroborar o que foi verificado na questão 2, ficando claro, mais uma vez, que nem todos os alunos conseguiram estabelecer a relação entre atenuação das radiações, tipo de radiação e fenômenos de interação com a matéria.

Questão 5: Propomos esta questão a fim de verificar se os alunos conseguiriam classificar os fenômenos de interação das radiações com a matéria em função dos intervalos de energia em que ocorrem, relacionando com as energias utilizadas em raios X. Desta forma, perguntamos quais fenômenos de interação das radiações com a matéria estudados estavam associados à interação dos raios X com a matéria e por quê.

Não tivemos o objetivo de fazer o aluno decorar em que intervalos de energia ocorrem cada um dos fenômenos, mas que este tivesse pelo menos a noção da ordem de grandeza das energias envolvidas. Todos os alunos ordenaram corretamente os efeitos fotoelétrico, Compton e produção de pares em função das energias associadas, entretanto, 7 alunos atribuíram energias na faixa dos keV para o efeito fotoelétrico e valores ainda maiores para a ocorrência do espalhamento Compton.

Questão 6: Retomando a questão anterior, desafiamos os alunos a explicar as diferenças de energias associadas ao efeito fotoelétrico e ao espalhamento Compton. O que verificamos é que os mesmos 7 alunos que erraram a questão anterior, não responderam corretamente a esta também. Os demais conseguiram diferenciar tais energias em função da absorção do fóton no efeito fotoelétrico e do seu espalhamento no efeito Compton. Devido à interação dos fótons da radiação incidente ocorrer com elétrons de baixa energia no espalhamento Compton, parte dessa energia deve continuar com o fóton.

Questão 7: Através desta questão, buscamos retomar com os alunos a formulação do conceito da dualidade onda-partícula. Questionamos como poderíamos associar a forma de detecção dos fótons no interferômetro de Mach-Zehnder com a dualidade onda-partícula.

Frente a esta pergunta, 2 alunos não conseguiram formular uma resposta e 4 descreveram o fóton como uma partícula que se propaga oscilando como uma onda. Os demais, responderam de modo satisfatório, visto que em suas respostas o fóton é uma partícula e se propaga como tal, porém sua posição no anteparo é dada em termos de

amplitude de detecção. Estas respostas, embora formuladas de modo não totalmente correto, indicam que estes alunos conseguiram entender em que consiste a dualidade a que nos referimos. O fóton é uma partícula e assim é detectado, mas com uma probabilidade de detecção descrita por uma função de onda.

Frente às respostas obtidas na avaliação, podemos considerar como positiva nossa estratégia de ensino visto que, quase a totalidade dos alunos nunca tinha estudado temas de Física Moderna e pelo fato de as respostas dadas demonstrarem a compreensão dos assuntos estudados pela maioria. A partir da abordagem da dualidade onda-partícula como conceito central conseguimos percentuais expressivos de acertos nas questões, na maioria das vezes demonstrando inclusive o estabelecimento de conexões com outros assuntos estudados. Isto evidencia o crescimento do aluno não apenas em termos de conteúdo, mas também de sua capacidade de interpretar e opinar.

6 CONCLUSÃO

Em função da grande difusão das técnicas de diagnóstico, especificamente o radiodiagnóstico, nos propusemos a abordar a Física Moderna como elemento fundamental para a compreensão dos fenômenos físicos que regem tais técnicas. Conforme justificativa apresentada, a abordagem considerou como conceito central a dualidade onda-partícula, visto que o conhecimento de tal comportamento das radiações possibilita a interpretação dos mecanismos de interação das radiações com a matéria, o que geralmente se manifesta em escalas microscópicas.

A verdadeira intenção por trás desta proposta de ensino foi a conscientização dos alunos quanto aos efeitos das radiações no organismo, de modo que estes se tornem sujeitos conscientes em sua prática profissional, atuando de forma a interferir na sociedade utilizando corretamente os conhecimentos científicos desenvolvidos pelo homem. Estes alunos, futuros técnicos em radiologia, simularam e interpretaram fenômenos físicos que serão vivenciados em sua vida profissional, de modo que esta forma de contato com a Física fosse prazerosa e menos traumática.

A possibilidade de vivenciar e ter a consciência de tais fenômenos vem a combater a idéia subjacente à atividade técnica, a qual é associada à repetição, treinamento. É certo que um técnico em radiologia bem treinado executará tranquilamente um procedimento usual de radiodiagnóstico, no entanto, se este não for detentor do conhecimento que rege o funcionamento de tais equipamentos, sua atuação se limitará a repetição de técnicas sem a consciência de sua interferência na qualidade de vida, sua e de seus pacientes.

As respostas dadas aos questionários, tanto por alunos quanto ex-alunos, antes da abordagem detalhada que fizemos, vêm a demonstrar o grande valor de nossa proposta, uma vez que se pode perceber claramente a falta de conhecimento acerca das radiações. Conhecimento este que já foi levado ao alcance de alunos de outras turmas, mas que por ser tratado de uma forma descontextualizada e sem a devida atenção, acaba sendo esquecido ao invés de ser aplicado.

Conforme se pode verificar pela leitura da seção 2.3, há poucos materiais relacionados à abordagem de tópicos de Física Moderna no que se refere ao seu estudo em cursos de radiologia. Mesmo existindo diversas instituições que oferecem tais cursos, os materiais disponíveis são escassos. Em função da bibliografia que se encontra nestas escolas e até mesmo em função de nossa prática docente antes da aplicação desta proposta de ensino, podemos dizer que a abordagem da Física consta de releitura feita pelo professor acerca dos

temas que lhe interessam para uma posterior abordagem em sala de aula. Analisando o material que desenvolvemos vê-se que este procura explorar muitas produções já existentes, mas que se encontram de forma isolada, cabendo ao professor o árduo e demorado trabalho de seleção e organização dos mesmos.

Durante a fase de reaplicação deste material, certamente, irão surgir fatos novos, textos serão retirados, outros acrescentados devido ao fato de uma proposta de ensino não ser algo engessado dentro de um programa e sim maleável conforme as exigências de cada turma que a utiliza.

No decorrer da aplicação desta proposta, pode-se verificar alguns pontos falhos que ainda precisam ser considerados e que certamente o serão em uma nova aplicação do material elaborado. Dentre estes pontos citamos:

- Melhor distribuição da carga horária para as aulas de simulação computacional devido ao intenso debate que é gerado nestas situações;
- Reorganizar o laboratório de informática da escola a fim de facilitar o trabalho em grupo por parte dos alunos. Conforme pode-se ver na figura 4.1, algumas vezes os alunos acabavam se amontoando em frente ao computador devido a grande proximidade destes.
- Abordagem prévia das partículas elementares procurando familiarizar os alunos com os fótons e combater o modelo das “bolinhas”, frequentemente presente nas descrições dos alunos.

Mesmo requerendo melhorias, podemos considerar que, de modo geral a abordagem da Física Moderna a que nos propusemos surtiu efeitos, a partir do momento que foi possível mudar ou aperfeiçoar a visão que os alunos têm das radiações. O referencial teórico adotado também pode ser considerado como um fator que atuou positivamente frente a abordagem feita em sala de aula. É fundamental proporcionar o enfrentamento de concepções, idéias e aprendizagens entre os alunos, pois dessa forma estes são levados à construção do conhecimento numa linguagem mais informal e de fácil interpretação.

O debate está presente na sociedade em que vivemos e em sala de aula deve ser usado como uma ferramenta de ensino, de modo a promover o crescimento dos alunos, tanto pessoal quando ele emite sua opinião, quanto intelectual quando ocorre a reorganização dos modelos mentais que ele elabora.

Outro elemento que atuou significativamente, neste caso na abordagem da dualidade onda partícula, foram as simulações computacionais. Estas possibilitaram uma representação visual com grande fidelidade dos fenômenos abordados, proporcionando uma abordagem

mais conceitual e qualitativa da Física Quântica, abandonando o formalismo matemático arrojado com que esta área é tratada.

Enquanto executamos as atividades propostas, percebemos elementos presentes na epistemologia de Bachelard, como por exemplo, obstáculos epistemológicos e perfil epistemológico.

De acordo com Orozco Cruz (apud MOREIRA, 2005, p. 37), perfil epistemológico é o confronto entre o acontecer histórico das noções científicas com a cultura pessoal de quem acede ao estudo dos conceitos científicos e, para Bachelard (apud MOREIRA, 2005, p. 42), o principal obstáculo epistemológico é a experiência primeira.

Os alunos vêm à sala de aula com conhecimentos empíricos já construídos e, assim, a atuação do professor deve se dar não na forma de criar uma cultura científica, mas de modificar uma cultura pré-existente. Isto ficou muito claro, quando alguns alunos se manifestaram com certa repulsa aos raios X, pois em sua cultura, influenciado pelo meio, esta forma de radiação é prejudicial. Outro elemento presente nos depoimentos dos alunos, é o fato de que muitos professores não compreendem que um aluno não compreenda algo. Na visão destes, tudo é resolvido com uma boa aula, repetindo-se as explicações passo-a-passo.

Como exemplo de obstáculo epistemológico descrito por Bachelard e verificado em nossas aulas é a noção que os alunos têm de partícula. Estes descrevem uma partícula como um corpo muito pequeno, caracterizando-a como um corpo muito pequeno, inevitavelmente como uma bolinha. Isto revela a dificuldade de os alunos trabalharem com coisas abstratas e assim tentam materializar a partícula dando-lhe um tamanho muito pequeno e um formato. Assim, esta necessidade de materialização dificulta a compreensão de fenômenos em escalas microscópicas, como pode ser visto com a descrição do fóton no interferômetro de Mach-Zehnder.

O desenvolvimento e aplicação deste trabalho nos mostra que é preciso estar preparado para inovar em sala de aula. Inovação requer modificação e para muitos professores é mais cômodo “deixar tudo como está”. Sentimo-nos desafiados a aperfeiçoar o material apresentado e motivados a melhorar a forma de atuar no ensino de Física, convergindo com o objetivo do Mestrado Profissional em Ensino de Física.

No nosso caso, parte importante dessa inovação se deu através do uso da simulação virtual do interferômetro de Mach-Zehnder com resultados surpreendentes se considerarmos que trabalhamos com uma turma bastante heterogênea e com um histórico médio de alguns anos afastados do assento da escola.

Os questionamentos e as perguntas dos alunos relatados na seção 4.4 mostram que o uso da simulação pré-estruturada por meio de roteiros exploratórios leva os alunos a perguntas que em situações usuais seriam antes respondidas pelo professor mesmo antes de ser uma indagação para o aluno. O professor pode ser então o mediador no processo ensino-aprendizado e o aluno vai construindo seu conhecimento à medida que a nova situação (inusitada e desafiadora) a que está exposto (resultado da simulação na tela) o leva a rever seus conceitos acerca do assunto. Dessa forma, passa a questioná-los, a sentir a necessidade de adequação ou aquisição de um novo ingrediente de uma forma mais natural e em um momento em que ele se encontre pré-disposto ou preparado à reestruturação de seus conhecimentos.

Como parte integrante do elo ensino-aprendizagem fico a me perguntar se a discussão do fenômeno de dualidade onda-partícula para a luz através da simulação do interferômetro de Mach-Zehnder não poderia levar os alunos às hipóteses que considerassem o caráter corpuscular da luz em um primeiro contato com simulações do efeito fotoelétrico, por exemplo. Essa é uma questão interessante, se considerarmos que uma abordagem de ensino da Física Moderna amplamente adotada é aquela que privilegia a seqüência histórica, com a radiação de corpo negro, efeito fotoelétrico, efeito Compton, modelo de Bohr para o átomo de hidrogênio e só depois a discussão da fenda dupla para introduzir a dualidade onda-partícula de de Broglie. Essa, no entanto, é uma questão para outras investigações, seja no Mestrado Profissional ou no Mestrado Acadêmico em Ensino de Física.

REFERÊNCIAS

AUTOS de Goiânia. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 40, p. 3-48, mar. 1988. Suplemento.

BIAGINI, J. **Reforma do Ensino Técnico**: a lei de diretrizes e bases da educação nacional e a reestruturação curricular do CEFET de Minas Gerais. 2005. 165 f. Tese (Doutorado em Educação: História, Política, Sociedade) – Programa de Pós-Graduação em Educação: História, Política, Sociedade, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2005.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Lei n. 7.394 de 29 de out. de 1985. Regula o exercício da profissão de técnico em radiologia e dá outras providências. Brasília: MT, 1985.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Decreto n. 92.790 de 17 de jun. de 1986. Regula a Lei n. 7.394, de 29 de outubro de 1985, que regula o exercício da profissão de técnico em radiologia e dá outras providências. Brasília: MT, 1986.

BRASIL. Ministério da Educação. Lei n. 9.394 de 20 dez. de 1996. **Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília: MEC, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. Decreto n. 2.208 de 17 de abr. de 1997. Regulamenta o § 2º do art. 36 e os arts. 39 a 42 da Lei Federal n. 9.394/96, que estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional e dá outras providências. Revogado em 23 de julho de 2004. Brasília: MEC, 1997.

BRASIL. Ministério da Educação. Portaria n. 646 de 14 de maio de 1997. Regulamenta a implantação do disposto nos artigos 39 a 42 da Lei Federal n. 9.394/96 e no Decreto Federal n. 2.208/97 e dá outras providências. Brasília: MEC, 1997.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Resolução n. 2 de 26 de jun. de 1997. Dispõe sobre os programas especiais de formação pedagógica de docentes para as disciplinas do currículo do ensino fundamental, do ensino médio e da educação profissional em nível médio. Brasília: MEC/CNE, 1997.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação, Câmara de Educação Básica. Parecer n. 16 de 21 de jan. de 1999. Trata das Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional de Nível Técnico. Brasília: MEC/CNE/CEB, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação, Câmara de Educação Básica. Resolução n. 4 de 25 de nov. de 1999. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional de Nível Técnico. Brasília: MEC/CNE/CEB, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Referenciais Curriculares Nacionais da Educação Profissional de Nível Técnico – Área Profissional: Saúde. Brasília, 2000. 224p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/saude.pdf>>. Acesso em: 4 mar. 2007.

BRASIL. Ministério da Educação. Lei n. 10.508 de 10 de jul. de 2002. Altera o parágrafo I do artigo 2 da Lei n. 7.394, de 29 de outubro de 1985, que regulamenta a carreira de Técnico em Radiologia. Brasília: MEC, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Decreto n. 5.154 de 23 de jul. de 2004. Regulamenta o §2º do art. 36 e os arts. 39 a 41 da Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996 que estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional e dá outras providências. Brasília: MEC, 2004.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Educação Profissional Técnica de Nível Médio no Censo Escolar**. Brasília: INEP, 2006a. 55 p.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 2006b. v. 2 Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Trabalhadores Técnicos em Saúde: formação profissional e mercado de trabalho**. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde, 2003. 75 p.

CAAMAÑO, A. La educación ciencia-tecnología-sociedade: una necesidad en el diseño del nuevo currículum de ciencias. **Revista Alambique Didática de las Ciências Experimentales**, Barcelona, n. 3, p. 4-6, 1995.

CEREZO, J. A. L. Ciência, tecnologia y sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. **Revista Iberoamericana de Educación**, Madrid, n.18, p.1-25, set./dez. 1998.

COSTA, L. G.; COSTA, A. P. O ensino de física das radiações na formação de auxiliares de enfermagem e atendentes de consultórios odontológicos: sondagem de concepções sobre os raios-X com enfoque na prevenção e tecnologia. **Revista Ciência & Educação**, Bauru, v. 8, n. 2, p. 161-165, ago. 2002.

CUNHA, L. A. **O Ensino Profissional na Irradiação do Industrialismo**. São Paulo: Unesp; Brasília: Flacso, 2000.

DEPRESBITERIS, L. Educação profissional: seis faces de um mesmo tema. **Boletim Técnico do SENAC**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, p. 28-39, maio/ago. 2000. Disponível em: <<http://www.senac.br/conhecimento/bts.html>>. Acesso em: 28 abr. 2008.

DIAGNÓSTICO.MED.BR. História da radiologia. [2007]. Disponível em: <<http://www.diagnostico.med.br/index.php?id=56>>. Acesso em: 26 fev. 2008.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREITAS, M. S.; BEZERRA JUNIOR, A. G.; MIQUELIM, C. A. Um capítulo introdutório à física moderna para um curso superior de tecnologia em radiologia. SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 17., São Luis, MA. **Anais...** São Luis: 2007. p. 72.

FRIGOTTO, G.; CIAVATTA, M.; RAMOS, M. N. A gênese do Decreto n. 5.154/2004: um debate no contexto controverso da democracia restrita. **Trabalho Necessário**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 3, 2005. Disponível em: <<http://www.uff.br/trabalhonecessario/MMGTN3.htm>>. Acesso em: 30 mar. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 12 jan. 2008.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **The Radiological Accident in Goiânia**. Vienna: IAEA, 1988.

KUENZER, A. Z. Competência como Práxis: os dilemas da relação entre teoria e prática na educação dos trabalhadores. **Boletim Técnico do SENAC**. Rio de Janeiro. v. 29, n. 1, p. 17-27, jan./abr. 2003.

LIMA, C. M. F. P. B. **A Identidade Docente no Ensino Técnico**: as marcas do saber-ser, do saber-tornar-se professor. 2005. 243 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

LOPES, J. Vygotsky: o teórico social da inteligência. **Nova Escola**, São Paulo, v. 11, n. 99, p. 33-38, dez. 1996.

MENDES, S. R. Cursos Técnicos Pós-Médios: Análise das Possíveis Relações com o Fenômeno de Contenção da Demanda pelo Ensino Superior. **Revista Educação, Saúde e Trabalho**, Manguinhos, v. 1, n. 2, p. 35-39, set. 2003.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. **Teorias Construtivistas**. Porto Alegre: Instituto de Física - UFRGS, 1999. (Textos de apoio ao professor de Física, 10).

MOREIRA, M.A. A epistemologia de Bachelard. In: **Notas de Aula para a Disciplina História e Epistemologia da Física do Currículo de Licenciatura em Física da UFRGS**, Porto Alegre, 2005. 80 p.

OKUNO, E.; VILELA, M. A. C. **Radiação Ultravioleta: características e efeitos**. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

OSTERMANN, F.; PRADO, S. D.; RICCI, T. S. F. Desenvolvimento de um software para o ensino de fundamentos de física quântica. **Física na Escola**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 22-25, maio 2006.

PIAGET, J. **A Equilibração das Estruturas Cognitivas: problema central do desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

PIAGET, J. **A Psicologia da Criança**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

PEDUZZI, M. Mudanças tecnológicas e seu impacto no processo de trabalho em saúde. In: SEMINÁRIO A FORMAÇÃO TÉCNICA EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM SAÚDE, 1997, Rio de Janeiro. [Anais...] Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 1997.

PERRENOUD, P. **Construir as Competências desde a Escola**. Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.

PESSOA JUNIOR, O. **Conceitos de Física Quântica**. São Paulo: Livraria da Física, 2003.

PETEROSI, H. G. **Formação do Professor para o Ensino Técnico**. São Paulo; Loyola, 1994.

REZENDE, A. F. Radiografia do Sistema Radiológico Nacional. Associação de Técnicos em Radiologia de Dourados. Dourados - MS. maio de 1999. Disponível em: <<http://www.nuclear.radiologia.nom.br/trabalho/noseaiii/noseaiii.htm>>. Acesso em: 17 out. 2007.

RAMOS, M. N. **A Pedagogia das Competências: autonomia ou adaptação?** São Paulo: Cortez, 2001.

RAMOS, M. N. A educação profissional pela pedagogia das competências: para além da superfície dos documentos oficiais. **Educação & Sociedade**, São Paulo, v. 23, n. 80, p. 400-422, set. 2002.

RAMOS, M. N. A pesquisa sobre educação profissional em saúde no MERCOSUL: uma contribuição para políticas de integração regional referentes à formação de trabalhadores técnicos em saúde. **Cadernos de Saúde Pública (FIOCRUZ)**, Rio de Janeiro, v. 23, p. 1-10, 2007. Suplemento 2.

RICCI, T. S. F.; OSTERMANN, F. **Uma Introdução Conceitual à Mecânica Quântica para Professores do Ensino Médio**. Porto Alegre: Instituto de Física - UFRGS, 2003. (Textos de apoio ao professor de Física, n. 14).

RYAN, C. Celulares podem reduzir fertilidade masculina, diz estudo. **BBCBrasil.com**, São Paulo, 28 jun. 2004. Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/portuguese/ciencia/story/2004/06/040628_mobilesg.shtml>. Acesso em: 19 ago. 2007.

SEARES, M. C.; FERREIRA, C. A. A importância do conhecimento sobre radioproteção pelos profissionais da radiologia. Núcleo de Tecnologia Clínica do CEFET/SC. [2007]. Disponível em: <http://www.cefetsc.edu.br/~radiologia/producoes/Art_Cient_%20Radioprotecao_%20Marcelo_Carlos.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2007.

SETEC/MEC. **Políticas Públicas para a Educação Profissional e Tecnológica**: proposta em discussão. Brasília, abril/2004. 71 p.

SILVA, M. J.; SOUZA CRUZ, S. M. S. C. A inserção do enfoque CTS através de revistas de divulgação científica. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004, Jaboticatubas, MG. [Anais]. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, [2004].

SILVEIRA, F. L. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 219-230, dez. 1996.

SILVEIRA, Z. S. **Educação Profissional no Brasil**: da industrialização ao século XXI. 2006. Disponível em: <<http://www.educacaopublica.rj.gov.br/biblioteca/educacao/0000.html>>. Acesso em: 20 mar. 2007.

TAVARES, I. M. S. Ensino Profissionalizante: um olhar sobre a legislação. ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA UFPI, 2., 2002, Teresina. [Anais]. Disponível em: <<http://www.ufpi.br/mesteduc/eventos/iiencontro/GT-10/GT-10-6.htm>>. Acesso em: 17 fev. 2008.

TELEFONE celular danifica células do corpo humano, diz estudo. **Folhaonline**, São Paulo, 21 dez. 2004. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u12775.shtml>>. Acesso em: 19 ago. 2007.

URBANO, J. D. A física e os progressos da medicina. **Gazeta de Física**, Lisboa, v. 30, n. 1, p. 4-5, jan. 2007.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1998a.

_____ **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1998b.

_____ **Psicologia Pedagógica**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

Como produto educacional resultante do projeto “A Física Moderna no processo de formação de técnicos na área de Radiologia Médica”, apresentamos na seqüência deste apêndice a página na internet desenvolvida e utilizada durante o segundo semestre letivo de 2007. A página apresenta um índice fixo, o qual permite melhor visualização dos temas abordados e em cada seção o aluno encontra um pequeno texto introdutório ao assunto a ser trabalhado, seguido de arquivos que podem ser baixados em seu computador. A fim de orientar o estudo dos alunos e também o trabalho de professores que venham a se interessar pelo material produzido, no decorrer da página são citados os pré-requisitos necessários para a abordagem dos diversos temas, assim como a bibliografia utilizada para a elaboração dos textos, além de bibliografia adicional para possíveis consultas ou aprofundamentos.

Percorrendo o índice da página é possível acessar os diversos textos trabalhados, roteiros exploratórios e *links* para outros sítios na internet. Seguem na seqüência deste apêndice alguns dos textos e roteiros que compõem a página da disciplina, a qual pode ser visualizada, integralmente, no endereço “<http://lief.if.ufrgs.br/~jader>”. A numeração adotada nos textos que seguem tem a finalidade de apenas facilitar sua identificação neste apêndice.

TEXTO I – RADIAÇÕES

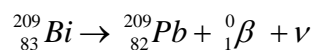
Quando se fala em radiação, as pessoas geralmente associam esta palavra com algo perigoso. O que elas não sabem é que estamos expostos diariamente à radiação. Radiação nada mais é do que a emissão e propagação de energia de um ponto a outro, seja no vácuo ou num meio material. Isto pode ocorrer através de fenômenos ondulatórios ou por partículas com energia cinética.

Radiação corpuscular

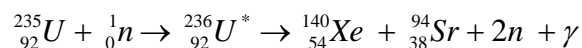
A energia se propaga através de partículas subatômicas. Quanto à origem destas partículas devemos lembrar que algumas têm origem em processos de desintegração nuclear (elétrons, pósitrons, partículas alfa, neutrinos) e outras são obtidas através de processos de fissão nuclear (nêutrons, múons, mésons).

Consideremos dois exemplos:

Desintegração de um núcleo de ^{209}Bi (emissor beta positivo): em um núcleo instável de bismuto, um próton se transforma em um nêutron, resultando num núcleo de menor número atômico e na emissão de uma partícula β e um neutrino (partícula sem carga elétrica).



Fissão de um núcleo de ^{235}U : um núcleo de urânio absorve um nêutron, formando um núcleo de urânio num estado excitado. Este se divide em dois novos núcleos de massas intermediárias, emitindo dois nêutrons e energia (radiação gama).



No ano de 1963 surgiram a Tomografia Computadorizada de Emissão de Fóton Único (SPECT) e Tomografia por Emissão de Póstron (PET). Estas técnicas utilizam traçadores radioativos que são injetados no paciente e fazem a monitoração das partículas radioativas emitidas por eles.

Radiação eletromagnética

A propagação da energia ocorre através de ondas eletromagnéticas (campos elétricos e magnéticos perpendiculares um ao outro), que no vácuo se propagam com a velocidade da luz ($c = 3 \times 10^8$ m/s). Como exemplos de radiações podemos citar as microondas, os raios X, raios gama, sinais de rádio, radiação ultravioleta, luz do Sol, entre outras. Estas radiações têm inúmeras aplicações e o que as difere é sua frequência.

Conforme se estudam os conteúdos de ondulatória, no Ensino Médio, as ondas envolvem o transporte de energia e não de matéria. O conteúdo energético transportado por uma onda é quantizado, ou seja, assume valores discretos. Assim, podemos pensar esta energia como dividida em pacotes de energia, chamados quanta ou fótons. A energia de cada fóton de uma onda eletromagnética de frequência f é $E = hf$, onde $h = 4,14 \cdot 10^{-15}$ eVs é a constante de Planck. Como h é uma constante, a energia da radiação aumenta com a frequência. A radiação ultravioleta, por exemplo, tem maior frequência que a luz visível e, portanto, é mais energética.

Consideremos dois exemplos na área radiodiagnóstico: “Qual a energia dos fótons de raios X, cuja frequência é de 10^{19} Hz?”

$$E = hf$$

$$E = 4,14 \cdot 10^{-15} \cdot 10^{19}$$

$$E \cong 4,2 \cdot 10^4 \text{ eV} = 42 \text{ keV}$$

Este resultado significa que cada fóton dessa onda tem energia de 42 keV. Um outro exemplo bastante interessante é comparar dois valores de frequência e mostrar por que uma é mais energética do que outra. Considerando radiação gama de frequência $3 \cdot 10^{20} \text{ Hz}$, verificamos que sua energia é:

$$E = 4,14 \cdot 10^{-15} \cdot 3 \cdot 10^{20}$$

$$E = 1,24 \cdot 10^6 \text{ eV} = 1,24 \text{ MeV}$$

Devido a essa diferença no conteúdo energético destas radiações, elas são empregadas com diferentes fins.

Características e origem das radiações

As radiações têm origem nos ajustes que ocorrem no núcleo atômico ou nas camadas eletrônicas do átomo, ou através da interação de outras radiações ou partículas com o núcleo ou átomo. As radiações alfa, beta e gama são originadas a partir de “ajustes” que ocorrem no núcleo. Os raios X de freamento são originados pela interação de partículas carregadas com o núcleo e os raios X característicos a partir da interação de partículas carregadas com elétrons das camadas eletrônicas.

Radiação alfa (α)

É uma radiação constituída por partículas subatômicas formadas por dois prótons e dois nêutrons, com carga 2+ e com bastante energia cinética, a qual varia de 3 MeV a 7 MeV. As partículas alfa (núcleos de *He*) são emitidas por núcleos instáveis de elevada massa atômica, como por exemplo, urânio, tório e radônio. Estas partículas têm velocidades da ordem de um décimo da velocidade da luz. As intensidades e as energias das radiações alfa emitidas por um nuclídeo servem para identificá-lo numa amostra.

As radiações alfa são as que têm o menor poder de penetração e uma alta taxa de ionização. Para exposições externas, são inofensivas, pois não conseguem atravessar as primeiras camadas epiteliais. Porém, quando os radionuclídeos são ingeridos ou inalados, por mecanismos de contaminação natural ou acidental, as radiações alfa, quando em grande quantidade, podem causar danos significativos na mucosa que protege os sistemas respiratório e gastrointestinal e nas células dos tecidos adjacentes. Nesse caso, o corpo da pessoa contaminada passa a ser uma fonte radioativa.

Radiação beta (β)

Consiste de um elétron (β^-) ou pósitron (β^+) emitido pelo núcleo na busca de sua estabilidade, quando um nêutron se transforma em próton ou um próton se transforma em nêutron, respectivamente, acompanhado de uma partícula neutra de massa desprezível, denominada de neutrino.

A figura 1 representa o espectro contínuo de energia do decaimento beta para N elétrons detectados. Este espectro apresenta valores de energia variáveis desde zero até um valor máximo, pois ela é compartilhada aleatoriamente entre o elétron ou pósitron emitido e o neutrino. O valor máximo de energia está relacionado ao núcleo radioativo onde ocorreu a transição.

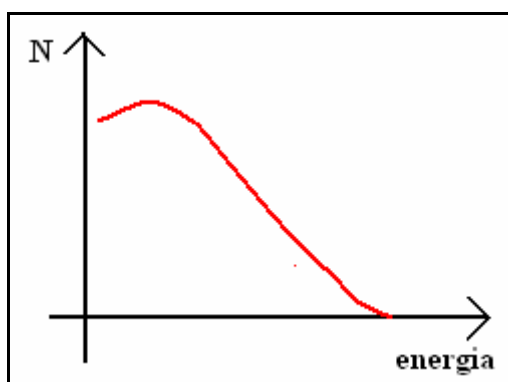


Figura 1 - Espectro de energia do decaimento beta

O poder de penetração destas partículas é pequeno e depende de sua energia. Para o tecido humano, consegue atravessar espessuras de alguns milímetros, podendo ser usada em procedimentos médicos na superfície da pele, mas pode ser detida com uma folha de alumínio com 1 mm de espessura. A velocidade dessas partículas é cerca de $\frac{9}{10}$ da velocidade da luz.

Radiação gama (γ)

É uma radiação emitida pelo núcleo atômico com excesso de energia (em um estado excitado) após transição de próton ou nêutron para nível de energia com valor menor, gerando uma estrutura mais estável. Por depender da estrutura nuclear, a intensidade e a energia com que é emitida permite caracterizar o radioisótopo. É uma radiação bastante penetrante e, conforme sua energia, capaz de atravessar grandes espessuras. Assim, a radiação gama é bastante utilizada em aplicações médicas de radioterapia e aplicações industriais, como medidores de nível e gamagrafia.

A energia emitida na radiação gama tem valores bem definidos e está relacionada aos valores de energia inicial (estado excitado) e do nível final a ser alcançado na transição (estado fundamental).

Ex.: $E_{\gamma 1} = 2,50571 - 1,3325 = 1,17321 \text{ MeV}$

$$E_{\gamma 2} = 1,3325 - 0 = 1,3325 \text{ MeV}$$

Raios X

Os raios X utilizados nas aplicações técnicas são produzidos nos tubos de raios X, os quais consistem, basicamente, em um filamento que produz elétrons por emissão termiônica (catodo), que são acelerados fortemente por uma diferença de potencial elétrica (kilovoltagem) até um alvo metálico (anodo), onde colidem. A maioria dos elétrons acelerados são absorvidos ou espalhados, produzindo aquecimento no alvo. Cerca de 5% dos elétrons sofrem reduções bruscas de velocidade, e a energia dissipada se converte em ondas eletromagnéticas, denominadas de raios X.

Ao se desligar um aparelho de raios X, ele não produz mais radiação e, portanto, não constitui um equipamento radioativo, mas um gerador de radiação. Qualquer material irradiado por raios X, para as aplicações mais conhecidas, não fica e nem pode ficar radioativo, muito menos os locais onde são implementadas as técnicas de raios X, como consultórios dentários, salas de radiodiagnóstico ou radioterapia.

A figura 2 representa a incidência de elétrons de alta energia sobre um átomo, onde a interação com elétrons orbitais dos átomos do alvo causa ionização, através da remoção dos elétrons orbitais. O modelo de átomo aqui representado é o modelo de Bohr, que é um modelo ainda semiclássico, mas que descreve bem as transições eletrônicas entre níveis de energia.

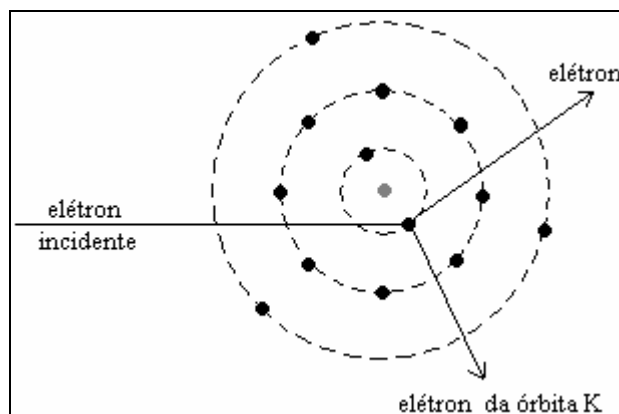


Figura 2- Representação artística da estrutura atômica e a interação com elétrons de alta energia (Figura inspirada a partir de Manual de radiologia para técnicos – 5ª edição, de Stewart C. Bushong)

Conforme podemos ver na figura 3, os elétrons das camadas mais externas “descem” para estas órbitas mais internas, ocupando o espaço vazio das camadas inferiores e emitindo fótons de energia característica (radiação característica).

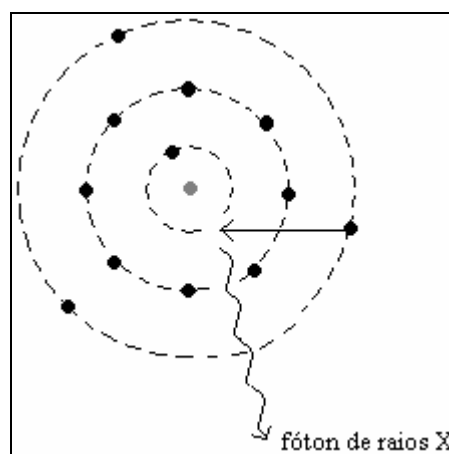


Figura 3- Representação artística da estrutura atômica e a emissão de fótons de raios X característicos

Referências Bibliográficas

BUSHONG, S. C. **Manual de radiología para técnicos – Física, biología y protección radiológica**. Tradução de Diorki Servicios Integrales de Edición. 1. ed. Madri: Mosby/Doyma Libros, 1993. 710p. Título original: Radiologic Science for Technologists, 5th edition.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de Física 4 – Ótica e Física Moderna**. Tradução de Denise Helena da Silva Sotero, Gerson Bazo Costamilan, Luciano Videira Monteiro e Ronaldo Sérgio de Biasi. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1995. 355p. Título original: Fundamentals of Physics, 4th edition, Extended Version.

ROBILOTTA, C. C. A tomografia por emissão de pósitrons: uma nova modalidade na medicina nuclear brasileira. **Revista Panamericana de Salud Publica**, v. 20, n. 2/3, p. 134-142, 2006. Disponível em: <<http://journal.paho.org/uploads/1162234592.pdf>> Acesso em: 6 abr. 2007.

Para se aprofundar um pouco mais consulte:

EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física Quântica – Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas**. Tradução de Paulo Costa Ribeiro, Enio Frota da Silveira e Marta Feijó Barroso. 13. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1979. 928 p. Título original: Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei and Particles.

TEXTO II – ORIGEM DOS ELEMENTOS QUÍMICOS MAIS “PESADOS”

Para responder sobre a origem dos elementos químicos de massa elevada precisamos antes falar sobre elétrons, prótons e nêutrons. Os elétrons são detectados como partículas negativas de massa bastante pequena comparada às massas dos prótons e nêutrons. De acordo com os modelos vigentes na Física, o elétron é uma partícula fundamental, não sendo portanto, composto de partículas menores. No entanto, tanto o próton (partícula positiva) quanto o nêutron (partícula neutra) são compostos por partículas menores chamadas *quarks*.

Elétrons, prótons e nêutrons são muito abundantes no Universo e é a partir deles que os elementos químicos são sintetizados. As teorias físicas e as observações astrofísicas recentes apontam as estrelas como as principais responsáveis pela síntese dos elementos. Dependendo da sua temperatura, uma estrela pode ser rica em hidrogênio, hélio, carbono e assim por diante. Quanto mais quente uma estrela, maior a possibilidade que nela sejam sintetizados elementos mais pesados. De um modo bastante simplista, pensemos em estrelas como o Sol, tipicamente ricas em hidrogênio. O hidrogênio é submetido a reações de fusão nuclear a altas temperaturas (10^7 a 10^{10} K). Essas reações acontecem por causa do campo gravitacional intenso (as estrelas são em geral, massivas), pela alta pressão (alta densidade de hidrogênio) e pelas altas temperaturas. Para cada reação de fusão do hidrogênio originando hélio, parte da energia resultante escapa da estrela, enquanto que uma porção dela fica retida na própria estrela, realimentando novas reações de fusão e desencadeando a síntese de elementos cada vez mais pesados. Em temperaturas mais altas ainda, o hélio dará origem ao carbono, por exemplo.

Em um processo de escala cosmológica, as estrelas vão dessa forma, sintetizando elementos cada vez mais pesados com a conseqüente diminuição na densidade de hidrogênio.

Há, então, um aumento substancial da temperatura na estrela com conseqüências graves para seu equilíbrio dinâmico, o que culmina no evento catastrófico chamado de explosão de supernova*. É nesse momento que a síntese dos elementos mais pesados que o ferro pode acontecer e que ocorre, de fato, a síntese de grande parte dos núcleos pesados que conhecemos. Na explosão de supernova, muitos desses núcleos recém-formados são lançados pelo espaço e acabam de algum modo fazendo parte da formação de planetas e de outros astros.

Dentre os elementos químicos formados no processo de supernova, alguns são naturalmente instáveis ou radioativos, pois seus núcleos foram sintetizados de um modo extremamente violento resultando em uma configuração de prótons e nêutrons que não aconteceria espontaneamente. Estes núcleos terão uma tendência a sofrer desintegrações para se tornarem mais estáveis. Aqueles que tiverem meia-vida relativamente curta desintegram-se rapidamente, porém os que têm meia-vida longa podem passar a fazer parte da composição da crosta de algum planeta e podem levar milhões ou bilhões de anos para obterem uma configuração estável. Esta é a razão pela qual elementos como o urânio existem na Terra ainda hoje.

Podemos, no entanto, encontrar elementos radioativos naturais com meias-vidas relativamente curtas na Terra também. Estes, porém, são formados a partir da desintegração de núcleos-pai como o U-238, Th-232 e U-235 (retome as séries radioativas que estudamos em Física Atômica e Nuclear).

Quando falamos em fonte de radiação devemos abordar também as fontes artificiais, que é o que mais nos interessa na nossa área. As fontes artificiais podem ser usadas para vários fins práticos, mas entre suas maiores contribuições podemos citar a sua utilização para o radiodiagnóstico. Entre as fontes artificiais, temos a produção de raios X, os aceleradores de partículas, os irradiadores com radioisótopos e as fontes de nêutrons. No caso dos tubos de raios X e aceleradores de partículas, a radiação é obtida a partir do uso de energia elétrica. Já os irradiadores com radioisótopos utilizam fontes radioativas e as fontes de nêutrons produzem radiação através de reações nucleares produzidas a partir de partículas alfa que são emitidas por algum material radioativo e direcionadas a um alvo.

Em se tratando de proteção aos efeitos das radiações em nosso organismo, é preciso entender como ocorre a interação das radiações com órgãos e tecidos e, por isso, é necessário

* Nome dado a corpos celestes que surgem após as explosões de estrelas com mais de 10 massas solares, produzindo objetos cujo brilho pode intensificar-se em 1 bilhão de vezes a partir de seu estado original tornando a estrela tão brilhante quanto uma galáxia, mas com o passar do tempo sua temperatura e brilho diminuem até chegarem a um grau inferior aos primeiros.

saber do que o corpo humano é composto. Estes estudos consideram o *Homem Referência* como a composição padrão do corpo humano, definida em termos de massa e porcentagem de cada elemento. A tabela 1 apresenta a composição química do homem referência, com uma massa de 70 kg e densidade de 1,025 g/cm³ (1,025 g de massa a cada 1 cm³ de volume):

Tabela 1 – Composição do Homem Referência adaptada a partir de Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos. 5 revisão. Rio de Janeiro:IRD/CNEN, 2003)

Elemento químico	Quantidade (g)	Percentual em massa (%)
Oxigênio	43000	61
Carbono	16000	23
Hidrogênio	7000	10
Nitrogênio	1800	2,6
Cálcio	1000	1,4
Fósforo	780	1,1
Enxofre	140	0,2
Potássio	140	0,2
Sódio	100	0,14
Cloro	95	0,12
Magnésio	19	0,027
Silício	18	0,026

Obs.: Constam ainda frações menores de massa, as quais totalizam cerca de 0,2% da massa total. Em ordem decrescente: ferro, flúor, zinco, rubídio, estrôncio, bromo, chumbo, cobre, alumínio, cádmio, boro, bário, prata, manganês, iodo, níquel, ouro, molibdênio, cromo, cério, cobalto, urânio, berílio e rádio.

Em síntese, nosso corpo pode ser considerado uma verdadeira tabela periódica, devido a grande variedade de elementos químicos presentes em sua estrutura. Dependendo dos estudos a serem realizados em relação à interação das radiações com o corpo humano, utilizam-se composições mais simplificadas.

Referências Bibliográficas:

WIKIPEDIA: A enciclopédia livre. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org>>. Acesso em: 20 jul. 2007.

TAUHATA, L.; SALATI, I. P. A.; DI PRINZIO, R.; DI PRINZIO, A. R. **Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos**. 5 revisão. Rio de Janeiro: IRD/CNEN, 2003. 242 p.

TEXTO III – POSTULADO DE LOUIS VICTOR DE BROGLIE

A dualidade onda-partícula foi um recurso encontrado pelos físicos em um momento em que teorias e experimentos confrontavam resultados recentes com resultados anteriores contraditórios, porém, muito bem estabelecidos. Para as ondas eletromagnéticas, por exemplo, décadas de resultados experimentais levaram a formulação de leis empíricas que culminaram na formulação de um dos trabalhos mais importantes da história de toda Física: a Teoria Eletromagnética de Maxwell.

A Teoria Eletromagnética de Maxwell também conhecida como Eletromagnetismo Clássico estabeleceu que a luz era uma onda eletromagnética. As ondas eletromagnéticas são ondas transversais que se propagam inclusive no vácuo (no vazio). Então, em 1905, Einstein “vê” a luz composta por grãos de luz (fótons) para explicar o Efeito Fotoelétrico e, em 1923, Compton “visualiza” os fótons em um jogo de bilhar usando raios-X (ondas eletromagnéticas) e uma amostra de grafite. Essa dualidade para a radiação eletromagnética, que ora se comportava como onda e ora como partícula, não foi prontamente ou facilmente aceita como pode nos parecer a princípio. A dualidade, no entanto, ficou definitivamente estabelecida depois da experiência de Compton.

Louis Victor de Broglie estendeu, em 1925, o caráter dual da luz para a matéria. Por representar um grande passo para a Física, de Broglie recebeu, em 1929, o Prêmio Nobel de Física. Uma pergunta que certamente lhe ocorreu foi que se a luz, até então tida como onda, se comportava como partícula em certas situações, por que não o elétron, tido como partícula, não poderia se comportar também como uma onda dependendo da experiência? Segundo de Broglie, a matéria também poderia apresentar tal comportamento dual.

A proposta de de Broglie para a dualidade onda-partícula para a matéria se estende a toda matéria como prótons, nêutrons, átomos, moléculas e não somente aos elétrons. Eis o problema: qual o comprimento de onda associado a uma partícula para que esta possa ser descrita como onda?

Respondendo a esta pergunta, de Broglie sugeriu a relação $\lambda = \frac{h}{p}$, sendo λ o chamado comprimento de onda de de Broglie. Aqui, h é a constante de Planck e $p = mv$ é o produto da massa pela velocidade da partícula (o momento linear da partícula). Em resumo, o

Princípio de de Broglie atribui um comprimento de onda de matéria para qualquer massa m com velocidade v . Para exemplificar, vejamos duas situações extremas:

Exemplo 1: Calculando o comprimento de onda de de Broglie associado a uma bola de futebol, com massa de 400 g que se desloca a uma velocidade de 10 m/s, encontramos:

$\lambda = \frac{h}{p}$, onde a grandeza p é o momento linear ou quantidade de movimento definido na

Física Clássica como $p = mv$. Assim, $\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{0,4 \cdot 10} \Rightarrow \boxed{\lambda \cong 1,66 \cdot 10^{-34} \text{ m}}$

Dessa forma, não há como verificar o comportamento ondulatório para um objeto com comprimento de onda dessa ordem de grandeza. Esse comprimento é tão pequeno que chega a ser 10^{19} vezes menor que o núcleo do átomo. Lembre-se que para observar um comportamento ondulatório podemos arrumar situações que mostrem difração e interferência (propriedades típicas de ondas). No entanto, os obstáculos e/ou as aberturas que precisamos colocar no caminho das ondas devem ter dimensão (tamanho) da mesma ordem que o comprimento de onda da onda que queremos ver difratar ou interferir.

Exemplo 2: Verifique você mesmo qual seria o comprimento de onda de de Broglie associado a um elétron de 120 eV. Compare o valor encontrado com o resultado da situação acima. Será que seria possível pensar em experiências que mostrem o caráter ondulatório do elétron?

Referências Bibliográficas

HALLIDAY, D.; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de Física 4 – Ótica e Física Moderna**. Tradução de Denise Helena da Silva Sotero, Gerson Bazo Costamilan, Luciano Videira Monteiro e Ronaldo Sérgio de Biasi. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1995. 355p. Título original: *Fundamentals of Physics, 4th edition, Extended Version*.

TEXTO IV – EFEITO FOTOELÉTRICO: O ESTABELECIMENTO DA DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA PARA A LUZ

A observação do efeito fotoelétrico, antes chamado de efeito Hallwacks*, ocorreu pela primeira vez em 1887, quando Hertz realizava experimentos envolvendo a emissão e detecção de ondas eletromagnéticas. Seu experimento consistia em gerar ondas eletromagnéticas

* Hallwacks foi discípulo de Hertz.

através da produção de descargas elétricas entre dois eletrodos metálicos e detectá-las em um par de eletrodos idêntico.

No ano de 1902, Philip Lenard publicou os resultados de seus experimentos sobre o efeito fotoelétrico, obtidos através de seus experimentos com tubos de raios catódicos*.

Na figura 1, pode-se ver o esquema de uma montagem experimental semelhante a utilizada por Lenard.

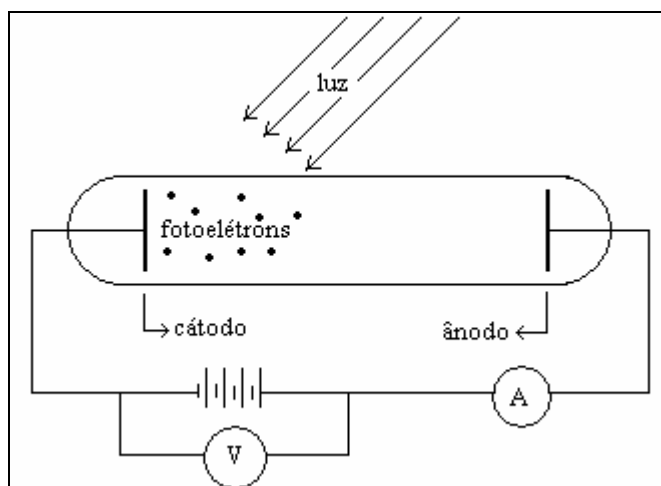


Figura 1- Aparato experimental para verificação do efeito fotoelétrico. Figura inspirada em: Textos de apoio ao professor de Física, n^o 14, 2003, UFRGS.

A partir da realização de experimentos onde se observava a ocorrência de efeito fotoelétrico, propôs-se uma explicação para o mesmo em função do comportamento ondulatório das radiações. A luz transporta energia e ao interagir com os elétrons do metal cede energia. Dessa forma, os elétrons do metal (fotoelétrons) eram arrancados originando uma corrente elétrica. No entanto, alguns aspectos chamavam a atenção neste experimento, contradizendo as explicações baseadas na física clássica.

- 1º) A emissão de fotoelétrons, a partir da incidência de luz, é instantânea (10^{-9} s);
- 2º) A energia cinética dos fotoelétrons não depende da intensidade da luz;
- 3º) Para cada material existe uma frequência de corte, abaixo da qual não há emissão de fotoelétrons;
- 4º) Para um mesmo material, o potencial de frenamento é o mesmo para qualquer intensidade, mas aumenta de modo proporcional à frequência.

* Nesta época já se sabia que os raios catódicos eram formados por partículas com carga negativa.

Para verificarmos em um experimento virtual estes pontos em desacordo com as teorias clássicas faremos a simulação computacional utilizando um applet java, no site <<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectrico/fotoelectrico.htm>>.

O aparato experimental representado na simulação consta de um conjunto de lâmpadas capazes de emitir luz em várias frequências e placas de diversos metais, as quais serão iluminadas pelas lâmpadas. Com este aparato procura-se liberar elétrons de uma superfície metálica a partir da absorção da energia transportada pela radiação eletromagnética utilizada na iluminação. Nesta simulação também é possível medir a energia cinética dos fotoelétrons ejetados. Para isso aplica-se uma diferença de potencial (V) entre as placas, freando-se o movimento dos fotoelétrons. Existe um valor para a diferença de potencial (potencial de frenamento), a partir do qual a corrente é interrompida (potencial de corte).

A hipótese de Einstein para a explicação de efeito fotoelétrico se apoiou na idéia de quantização proposta por Planck. Segundo Einstein, a radiação é composta por *quanta* de energia hf , onde h é a constante de Planck e f é a frequência da radiação. Quando um desses *quanta*, que são chamados fótons, penetra na superfície metálica, cede energia a um elétron do metal.

Pela hipótese de Einstein explicam-se as falhas de interpretação da teoria ondulatória clássica da seguinte forma:

- 1º) Os elétrons do metal obtêm de uma só vez a energia que necessitam para serem arrancados, absorvendo completamente os fótons. Assim, se explica a ocorrência do efeito fotoelétrico tão logo a luz incida no metal;
- 2º) A energia cinética máxima ($K_{máx}$) dos elétrons ejetados é igual à energia do fóton absorvido (hf) menos uma energia necessária para vencer os campos eletrostáticos que prendem os elétrons ao metal (função trabalho = W):

$$K_{máx} = hf - W$$

- 3º) Se a radiação incidente não tem energia suficiente para arrancar os elétrons do metal, não ocorre efeito fotoelétrico, independente da intensidade luminosa incidente. Dessa forma, é necessário uma frequência mínima para a radiação incidente arrancar elétrons.
- 4º) A corrente de saturação observada está relacionada com a intensidade da radiação incidente. Quanto mais intensa é a radiação, maior é o número de fótons incidentes por unidade de área por unidade de tempo. Assim, ocorre interação com um número maior de elétrons que são arrancados e logo se atinge uma corrente máxima.

Referências Bibliográficas

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; SOUZA, D. F.; MUZINATTI, J. Uma aula sobre efeito fotoelétrico no desenvolvimento de competências e habilidades. **Física na escola**, v. 3, n. 1, p. 24-29, 2002.

RICCI, T. S. F.; OSTERMANN, F. Uma introdução conceitual à Mecânica Quântica para professores do Ensino Médio. In: **Textos de apoio ao professor de Física**, n. 14, 71 p. - Instituto de Física/UFRGS. Porto Alegre, 2003.

Para se aprofundar um pouco mais consulte:

VALADARES, E.; MOREIRA, A. M. Ensinando Física Moderna no segundo grau: Efeito Fotoelétrico, Laser e Emissão de Corpo Negro. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 15, n. 2, p. 121-135, 1998.

TEXTO V – EFEITO COMPTON: A CONFIRMACAO DA NATUREZA CORPUSCULAR DA RADIAÇÃO

Foram quase duas décadas entre o trabalho de Einstein sobre o Efeito Fotoelétrico em 1905, no qual ele introduziu o termo fóton até a efetiva comprovação de que o fóton – a partícula de luz – carregava o momento linear. Nesse trabalho, Einstein atribuiu à radiação eletromagnética, uma natureza dual – ora onda, ora partícula. Embora a teoria de Einstein explicasse o Efeito Fotoelétrico, foi somente no ano de 1923 que a natureza corpuscular da radiação foi confirmada através dos resultados de um experimento realizado por Arthur Holly Compton.

Em seu experimento, Compton fez incidir um feixe de raios X de comprimento de onda $0,7 \text{ \AA}$ sobre um alvo de grafite. A partir daí, ele mediu os comprimentos de onda dos raios X espalhados pelo alvo em várias direções pré-selecionadas. Os resultados obtidos para os diferentes ângulos de espalhamento não só discordavam das previsões do eletromagnetismo clássico, como também serviram para a confirmação do comportamento corpuscular das radiações. A figura 1 representa esquematicamente o espalhamento após a interação fóton-elétron. Tudo acontece como num jogo de bilhar.

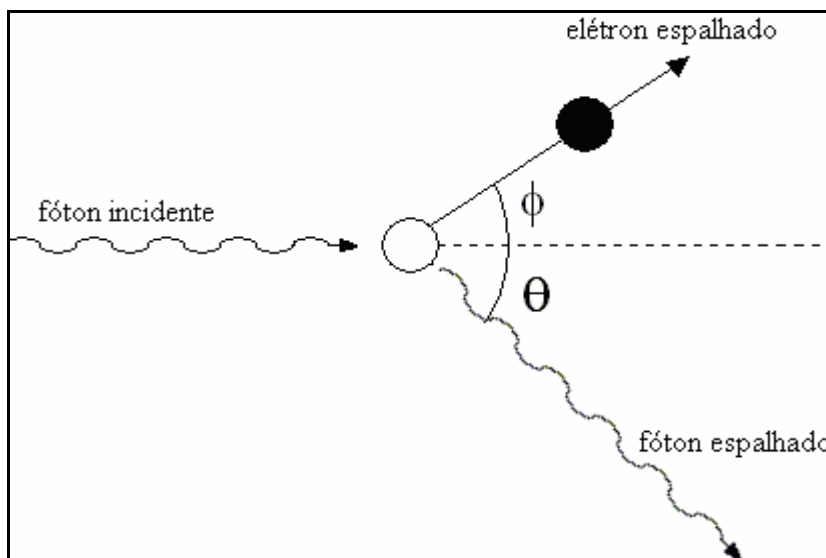


Figura 1- Diagrama do espalhamento Compton (Adaptação a partir de http://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_Compton)

As previsões clássicas eram que, após o espalhamento, as ondas deveriam ter o mesmo comprimento de onda incidente, ou pelo menos, bastante próximos. Entretanto, o que se observou foram dois picos, correspondentes a dois comprimentos de onda distintos e a diferença entre estes (deslocamento Compton = $\Delta\lambda$) era diretamente proporcional ao cosseno do ângulo de observação em relação à direção do feixe incidente. Compton descreveu o resultado de seu experimento tal qual um processo de colisão elástica.

A explicação dada por Compton foi que a radiação é composta por um feixe de fótons, de energia $E = hf$ e momento $p = \frac{h}{\lambda}$. Quando um destes fótons colide com um elétron*, parte de sua energia é perdida para o elétron na colisão. O elétron ganha então energia cinética e escapa do grafite e o fóton é desviado de sua trajetória inicial com um déficit de energia – a energia do fóton desviado é agora a energia do fóton incidente menos a energia cinética adquirida pelo elétron. Sendo menor a energia do fóton espalhado, menor é sua frequência e, portanto, maior é seu comprimento de onda.

Matematicamente, é possível mostrar que o deslocamento Compton depende somente do ângulo de espalhamento, sendo independente da energia do fóton incidente. O cálculo não seria demasiado difícil, se não fosse o fato de que precisamos ter alguma noção da Teoria da Relatividade Especial de Einstein, visto que o elétron espalhado é relativístico.

* Consideremos a colisão com um elétron quase-livre da atração do átomo. Para elétrons cuja energia de ligação ao átomo é grande (elétrons orbitais), o deslocamento Compton é desprezível.

O experimento realizado por Compton foi decisivo, pois a partir daí passou-se a abordar a luz em termos de dualidade onda-partícula, visto que alguns experimentos comprovavam seu caráter ondulatório e outros, seu caráter corpuscular.

Referências Bibliográficas

HALLIDAY, D.; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de Física 4 – Ótica e Física Moderna**. Tradução de Denise Helena da Silva Sotero, Gerson Bazo Costamilan, Luciano Videira Monteiro e Ronaldo Sérgio de Biasi. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1995. 355p. Título original: Fundamentals of Physics, 4th edition, Extended Version.

RICCI, T. S. F.; OSTERMANN, F. Uma introdução conceitual à Mecânica Quântica para professores do Ensino Médio. In: **Textos de apoio ao professor de Física**, n. 14, 71 p. - Instituto de Física/UFRGS. Porto Alegre, 2003.

Para se aprofundar um pouco mais consulte:

EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física Quântica – Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas**. Tradução de Paulo Costa Ribeiro, Enio Frota da Silveira e Marta Feijó Barroso. 13. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1979. 928 p. Título original: Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei and Particles.

TEXTO VI – FORMAÇÃO DE PARES

Este texto tem como objetivo principal apresentar sucintamente a formação de pares, fenômeno pelo qual os fótons se transformam em matéria durante alguma interação. Para se entender bem esse tipo de processo, precisaríamos ter alguma noção da Teoria da Relatividade Especial de Einstein, a qual associa massa à energia. No entanto, o estudo deste fenômeno tem caráter complementar às demais formas de interação que vimos, uma vez que ocorre somente para fótons de raios X de alta energia e de radiação gama.

A formação de pares, como a ilustrada na figura 1, ocorre quando um fóton com energia mínima de 1,022 MeV (frequência a partir de $2,5 \times 10^{20}$ Hz) colide com um núcleo, cedendo toda sua energia para o núcleo e dando origem a um par de partículas, o par elétron-pósitron*. O pósitron é uma partícula bastante especial que foi descoberta décadas depois do elétron. O pósitron é de fato, uma antipartícula, que, para o que nos interessa de imediato, pode ser considerada um elétron com carga positiva.

* O pósitron é uma partícula com a mesma massa e carga, em módulo, do elétron, sendo representado por e^+ .

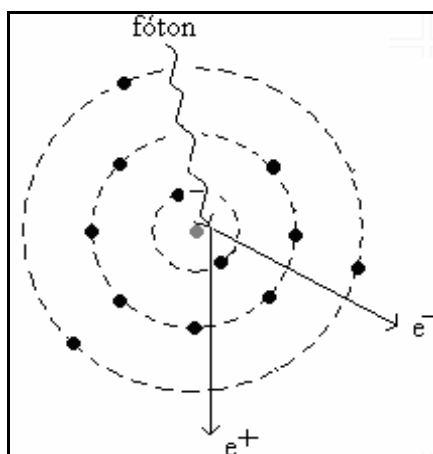


Figura 1 - Diagrama do fenômeno da formação de pares

Nessa interação fóton-núcleo com essa ordem de energia, o recuo do núcleo é tão pequeno que acaba sendo ignorado. Vale frisar, que comparadas às massas do dia-a-dia, mesmo um núcleo de um elemento pesado tem uma massa minúscula. Porém, comparado à massa do elétron (que é igual a massa do pósitron), o núcleo é bastante massivo ou melhor dizendo, tem uma grande massa. Em resumo, podemos dizer que o fóton colide com o núcleo e como resultado da colisão, toda a energia do fóton incidente se distribui igualmente entre um par elétron-pósitron gerado durante a interação.

Embora o elétron e o pósitron sejam formados do núcleo com a mesma energia, eles acabam mostrando uma pequena diferença de energia à medida que se afastam do núcleo. Devido à interação coulombiana entre essas partículas carregadas e o núcleo, o pósitron que é positivo acaba sendo repellido pelo núcleo através de uma força coulombiana repulsora e o elétron acaba sendo freado por causa da força atrativa. Há efetivamente, uma pequena diferença de energia entre o elétron e o pósitron quando ejetados do núcleo então.

A descoberta do fenômeno da produção de pares ocorreu em 1933 durante pesquisas com radiação cósmica (fluxo de fótons e outras partículas de altas energias que incidem na atmosfera terrestre). Tal descoberta veio a solucionar um problema relacionado à absorção dos raios X e os coeficientes de atenuação dos materiais. Havia uma discrepância entre a teoria e a experiência no que se refere aos valores dos coeficientes de atenuação. Os valores previstos teoricamente eram muito pequenos, quando comparados aos resultados experimentais. Tal discrepância foi resolvida quando se passou a considerar a produção de pares durante a interação da radiação com a matéria corrigindo-se, portanto, os valores dos coeficientes de atenuação.

Referências Bibliográficas

EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física Quântica – Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas**. Tradução de Paulo Costa Ribeiro, Ênio Frota da Silveira e Marta Feijó Barroso. 13. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1979. 928 p. Título original: Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei and Particles.

TEXTO VII – ATENUAÇÃO DAS RADIAÇÕES

As radiações têm sua intensidade diminuída em função das interações que ocorrem com o material que as absorve. As principais interações da radiação com a matéria que nos interessa de imediato ocorrem na forma de efeito fotoelétrico, efeito Compton e produção de pares. Ainda assim, devido às energias usadas em raios X para diagnóstico convencional, a produção de pares não é relevante nessa escala.

A atenuação da energia das radiações ocorre de maneira exponencial em função da espessura do material absorvedor. Isso significa que quanto mais espesso o material, menor será a energia da radiação que deixa o material depois de atravessá-lo (se atravessá-lo). Por outro lado, quanto maior a energia dos fótons da radiação incidente, maior será também a sua capacidade de penetração, embora se aumente, também, a probabilidade das interações ocorrerem – a radiação se propaga por uma distância maior e conseqüentemente, interage mais. Matematicamente, a atenuação dos fótons (ou da radiação) é bem representada pela equação:

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

onde I_0 é a intensidade da radiação incidente, I é a intensidade da radiação que emerge do material, x é a espessura do material absorvedor e μ é o coeficiente de atenuação linear total e está relacionado à probabilidade de os fótons serem absorvidos.

O gráfico 1 ilustra o comportamento da intensidade dos fótons de raios X com energia de 60 keV em função da espessura de uma blindagem de chumbo, cujo coeficiente de atenuação linear é 1 cm^{-1} .

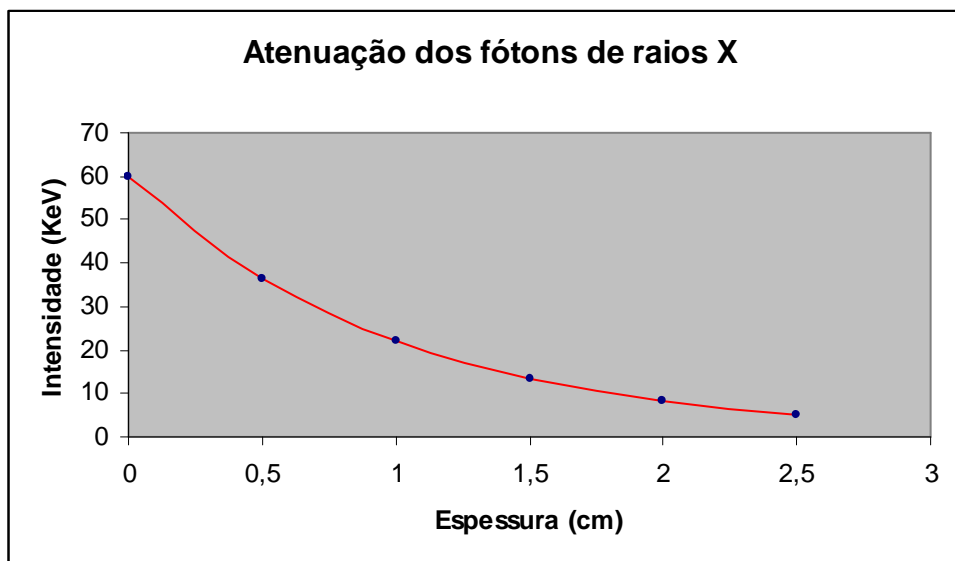


Gráfico 1- Atenuação dos fótons de raios X com energia de 60 keV em função da espessura de uma blindagem de chumbo

Conforme se pode observar neste gráfico, para uma blindagem de chumbo com 1,5 cm de espessura, a intensidade da radiação cai para cerca de 25% da intensidade incidente.

A ocorrência dos efeitos fotoelétrico, Compton e produção de pares depende da energia da radiação incidente e do número atômico do material que irá absorvê-la. Essas interações serão estão descritas em links separados.

Para o chumbo ($Z = 82$), o efeito fotoelétrico ocorre para energias inferiores a 500 keV, o efeito Compton para energias no intervalo de 500 keV a 5 MeV e acima disso há produção de pares. Para o alumínio ($Z = 13$), o efeito fotoelétrico ocorre para energias inferiores a 50 keV, o efeito Compton para energias no intervalo de 50 keV a 10 MeV e acima disso há produção de pares.

Em relação aos raios X, estes sofrem um processo de filtração no vidro do tubo de raios X, no óleo isolante, no vidro da janela por onde sai o feixe útil e na capa protetora (cabecote) de chumbo. De maneira adicional, é necessário filtrar os fótons de raios X a fim de se reduzir a exposição do paciente aos fótons de baixa energia. Em radiodiagnóstico, esta filtração é feita, geralmente, por placas de alumínio.

De acordo com Comissão Internacional de Proteção Radiológica, a filtração mínima recomendada com placas de alumínio é de 0,5 mm para energias inferiores a 50 keV; 1,5 mm para energias no intervalo de 50 keV a 70 keV e 2,5 mm para energias acima dos 70 keV.

Conforme trabalhado na disciplina de Física do Radiodiagnóstico, a filtração, que afeta os fótons de baixa energia (menos de 20 keV), não tem grande influência na imagem e

sim, na exposição do paciente. Por isso, há a necessidade de filtração desses raios X que não contribuem para a formação da imagem.

A partir do estudo dos processos de interação da radiação com a matéria percebe-se sua importância para fins de Radioproteção, os quais serão retomados ao longo da disciplina.

Referências bibliográficas

EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física Quântica – Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas**. Tradução de Paulo Costa Ribeiro, Enio Frota da Silveira e Marta Feijó Barroso. 13. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1979. 928 p. Título original: Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei and Particles.

TAUHATA, L.; SALATI, I. P. A.; DI PRINZIO, R.; DI PRINZIO, A. R. **Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos**. 5 revisão. Rio de Janeiro: IRD/CNEN, 2003. 242 p.

ROTEIRO I – INTERFERÔMETRO DE MACH-ZEHNDER⁴³

- 1- Com o software aberto, localize o *menu* LANGUAGE e selecione o idioma.
- 2- Selecione a opção VER FEIXES e observe o caminho que é seguido pela luz no interferômetro. Em seguida selecione novamente esta opção para desativar este comando.
- 3- Vamos agora identificar as estruturas que compõem o interferômetro. Para isso basta você passar o *mouse* sobre cada um delas. Localize a fonte, os espelhos, espelhos semi-refletores e os anteparos.
- 4- Selecione a opção LASER e em seguida LIGADO. Observe o que aparece na tela do interferômetro. Descreva o que você observa nos anteparos.
- 5- Procure explicar a formação dos padrões de interferência observados. (**Dica:** uma reflexão em um espelho semi-refletor introduz um deslocamento de fase na luz correspondente a um quarto de comprimento de onda da mesma. Faça a soma dos deslocamentos de fase dos feixes que chegam a cada anteparo.)

⁴³ Roteiro adaptado a partir de *Textos de Apoio ao Professor de Física, n. 14, 2003*.

6- Retire do interferômetro o espelho semi-refletor 2 (opção ESPELHO SEMI-REFL. 2). Qual a relação entre as intensidades da luz nos anteparos e a intensidade da luz emitida pela fonte?

7- Recoloque o espelho semi-refletor 2 no interferômetro.

8- A partir de meados da década de 1980, os avanços tecnológicos possibilitaram a utilização de fontes luminosas que operam em regime monofotônico, ou seja, a intensidade luminosa é tão baixa que apenas um fóton é emitido pela fonte de cada vez. Selecione a opção FÓTONS ÚNICOS e observe os anteparos. (**Dica:** no *menu* FÓTONS/SEGUNDO, a simulação poderá ser acelerada se for colocado o valor 10, para que a emissão de fótons a cada segundo seja maior.)

9- Compare os padrões que vão se formando nos anteparos com os que foram observados quando o interferômetro foi utilizado com a opção LASER. Como é feita a detecção dos fótons nos anteparos? Após a detecção de um grande número de fótons, como podemos descrever a distribuição dessas detecções nos anteparos? (**Dica:** para responder a esta última pergunta, observe no canto superior direito da tela a contagem de fótons.)

10- Coloque um detector num dos braços do interferômetro (opção DETECTOR 1). Observe novamente a contagem de fótons, nos anteparos e no detector. O que você observa? (**Dica:** clique no botão ACELERAR.)

11- Observe agora os anteparos. O padrão de impactos revela interferência? Explique.

12- Coloque mais um detector no interferômetro (opção DETECTOR 2). O que se observa na contagem de fótons nos detectores e nas luzinhas dos detectores e da fonte? E na tela? Clique uma vez no botão ACELERAR. O que se observa nas contagens dos detectores?

13- Considerando apenas um fóton sendo emitido na fonte, descreva como se comporta um espelho semi-refletor. Obs.: um espelho semi-refletor (separador de feixe) divide um feixe luminoso em dois feixes de igual intensidade.

14- Se um fóton atravessa o aparelho de cada vez, como você descreve a formação do padrão de interferência observado na tela? (**Dica:** o padrão não foi formado pela interferência entre diferentes fótons, pois, a cada instante apenas um fóton atravessa o interferômetro e chega aos anteparos).

15- Vamos agora testar a atuação dos filtros polaróides. Clique na janela FILTRO POLARÓIDE 1 e selecione a opção FÓTONS ÚNICOS. Que padrão é observado nos anteparos?

16- Coloque, agora, o filtro polaróide 2 no interferômetro. Houve alguma alteração em relação ao que você observou antes?

17- Mude a inclinação de um dos filtros polaróides, digitando um valor para o ângulo ou girando-o diretamente. Descreva os padrões de interferência observados. Houve alguma alteração em relação ao que foi observado nas questões 2 e 3? Tente explicar o que você observou.

18- A detecção de cada fóton nos anteparos ocorre de forma localizada, numa posição definida. É natural, então, perguntar: no interferômetro, o fóton também possui a propriedade posição bem definida? Proponha uma maneira de descobrir isto usando uma combinação de filtros polaróides.

19- Vamos tentar descobrir por qual caminho passa o fóton usando dois filtros polaróides, um em cada braço do interferômetro, com uma inclinação relativa de 90^0 entre eles. Assim, se o fóton passar por apenas um dos braços, terá que sair do interferômetro, necessariamente, com sua polarização dada pelo eixo de polarização do filtro polaróide que se encontra naquele braço. Como você poderá descobrir qual o estado de polarização do fóton emergente?

20- Selecione a orientação do filtro polaróide 1 para 0^0 ou 360^0 e posicione o filtro polaróide 3 de modo que fique com orientação paralela ao primeiro. O que se observa nos anteparos?

21- O fóton tem ou não o atributo posição definido?

22- E então, por onde passou o fóton? (**Dica:** cruze os eixos dos polaróides.)

- 23- a) O que o resultado obtido no experimento até agora significa para o nosso modelo mental do fóton como um objeto que possui o atributo posição dentro do interferômetro?
- b) Quando observamos um padrão de interferência na tela, os fótons possuíam este atributo dentro do interferômetro?
- c) E quando não se observa um padrão de interferência? Por quê? (Dica: se os fótons possuísem o atributo posição quando dentro do aparelho, então cada fóton só poderia interagir com um dos polaróides nos braços do aparelho, certo?)
- 24- Coloque os detectores 1 e 2 no interferômetro. Verifique se os dois detectores registram simultaneamente a entrada de cada fóton individual no interferômetro. O que você observa?
- 25- Com os dois detectores de fótons colocados no interferômetro, qual a probabilidade de detecção do fóton no detector 1? E no detector 2?
- 26- Considerando o item acima tente dar uma explicação em torno da dualidade onda-partícula para o que ocorre com o estado do fóton quando tentamos descobrir por qual dos braços ele passa.

ROTEIRO II – EFEITO FOTOELÉTRICO

- 1- Localize na simulação onde fica o pólo positivo e o pólo negativo da bateria.
- 2- No canto inferior esquerdo, observe em que metal está se testando a ocorrência do efeito fotoelétrico.
- 3- Pressione “*Fóton*” para que a lâmpada ilumine a placa metálica.
- 4- Teste a ocorrência do efeito fotoelétrico para outros metais utilizando este mesmo comprimento de onda. Anote suas observações para cada metal testado.
- 5- Por que, com o mesmo comprimento de onda não ocorreu o efeito fotoelétrico para todos os metais?

6- Modifique a intensidade da luz emitida em “*intensidad de la luz*” e tente novamente. Anote o que você observou.

7- A intensidade da radiação que incide sobre o metal tem alguma influência sobre a ocorrência do efeito fotoelétrico? Por quê?

8- Escolha a opção “potássio” para que continuemos com esta simulação.

9- Qual a frequência da radiação cujo comprimento de onda corresponde a 4026 \AA ?

10- Qual a energia dos fótons correspondentes a esta frequência?

11- Com o comprimento de onda utilizado anteriormente verificou-se a ocorrência do efeito fotoelétrico para este metal, porém o amperímetro não registrou nenhum valor de corrente. Por quê?

12- Mantendo as condições do item anterior, proponha uma maneira de fazer com que os elétrons ejetados do metal cheguem até a outra placa e descreva, explicando-a.

13- Vamos agora medir a energia cinética dos fotoelétrons. Para isso aplica-se uma diferença de potencial (V) entre as placas, freando-se o movimento dos fotoelétrons. Existe um valor para a diferença de potencial, a partir do qual a corrente é interrompida (potencial de corte). Descubra que valor é este e anote-o.

14- Você acaba de descobrir qual a energia cinética máxima dos fotoelétrons. A energia potencial dos fotoelétrons é igual a energia cinética.

15- Vamos agora descobrir que energia é “perdida” pelos fotoelétrons para escapar dos campos eletrostáticos que os atraem na superfície do metal (função trabalho). Para isso, subtraia a energia cinética máxima dos fotoelétrons do valor encontrado no item 10 (energia da radiação incidente).

16- Se tivéssemos utilizado radiação com maior intensidade os fotoelétrons conseguiriam vencer a diferença de potencial de 1.35 V? Por quê?

17- E então, faz alguma diferença qual a intensidade da radiação que incide sobre o metal?

18- Digite o valor da diferença de potencial obtido no item 13 e teste diferentes valores de intensidade, observando os valores de corrente indicados no amperímetro.

19- O que foi possível observar no item anterior? Explique.

APÊNDICE B – FICHA PARA ANÁLISE DOS PLANOS DE CURSO

1- Nome da instituição: _____

2- Localização: _____

3- Oferece uma disciplina de Física introdutória?

Sim

Não

4- Oferece Proteção Radiológica como disciplina específica?

Sim

Não

5- Acervo bibliográfico em Física:

não há bibliografia

1 bibliografia

2 a 4 bibliografias

5 ou mais bibliografias

Obras: _____

6- Qual a formação dos professores que ministram as disciplinas de Física e/ou Proteção Radiológica?

Física

Matemática

Medicina

Engenharia

Tecnólogo em Radiologia

Outra? Qual? _____

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO PARA A TURMA DE OBSERVAÇÃO

Nome: _____ Idade: _____ Cidade: _____

1- Qual sua ocupação atual? _____

2- Há quanto tempo você concluiu seus estudos no ensino médio? _____

3- Concluiu ou pelo menos começou algum outro curso? () Sim () Não

Qual: _____

4- Qual a modalidade de ensino médio cursada? () Regular () Supletivo/EJA

5- Foi adotado livro didático para a disciplina de Física? () Sim () Não

Qual? _____

6- Descreva em poucas palavras como eram suas aulas de Física? _____

7- Qual(is) destes conteúdos você já estudou? () não estudei nenhum

() relatividade geral () efeito fotoelétrico () dualidade onda-partícula

() radioatividade () fusão e fissão nuclear () partículas elementares

8- Em setembro deste ano completam-se vinte anos do acidente com uma fonte radioativa (Césio 137) em Goiânia. Você já tinha conhecimento deste fato? () Sim () Não

Se você respondeu sim no item anterior procure sintetizar como foi tal acidente: _____

9- O que levou você a se matricular no Curso Técnico em Radiologia Médica – Radiodiagnóstico? _____

10- Escreva o que você sabe sobre quimioterapia e radioterapia. () não sei o que são

11- Muitos técnicos em radiologia não se protegem devidamente durante a realização de um exame e sequer oferecem proteção aos pacientes. Em sua opinião, o que os leva a recorrer a esta prática?

- () esquecimento
- () pressa para atender os pacientes
- () falta de consciência quanto a necessidade de utilizá-los
- () falta de conhecimento a respeito dos efeitos das radiações
- () a dose de radiação que chega ao corpo é pequena e não causará danos

12- Em visita a alguns serviços de radiodiagnóstico observou-se que nem os estagiários usavam corretamente os dispositivos de proteção individual, embora sua formação seja bastante atual. O que os leva a não tomar cuidados com a proteção radiológica?

- () esquecimento
- () pressa para atender os pacientes
- () falta de consciência quanto a necessidade de utilizá-los
- () falta de conhecimento a respeito dos efeitos das radiações
- () a dose de radiação que chega ao corpo é pequena e não causará danos

13- Como são suas habilidades em informática? _____

14- Você tem acesso à internet? () Sim () Não

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO PARA AS TURMAS ANTERIORES

Nome: _____ Idade: _____ Cidade: _____

1- Qual sua ocupação atual? _____

2- Há quanto tempo você concluiu seus estudos no ensino médio? _____

3- Concluiu ou pelo menos começou algum outro curso? Sim Não

Qual: _____

4- Qual a modalidade de ensino médio cursada? Regular Supletivo/EJA

5- Foi adotado livro didático para a disciplina de Física durante o ensino médio?

 Sim Não

Se você respondeu sim, qual o livro? _____

6- Descreva em poucas palavras como eram suas aulas de Física durante o ensino médio?

7- Você estudou algum destes conteúdos no ensino médio? não estudei nenhum relatividade geral efeito fotoelétrico dualidade onda-partícula radioatividade fusão e fissão nuclear partículas elementares8- O que levou você a se matricular no Curso Técnico em Radiologia Médica –
Radiodiagnóstico? _____

9- Como você avalia seu grau de conhecimento em relação às radiações e seus efeitos no organismo? _____

10- Durante a disciplina Proteção Radiológica você estudou a dualidade onda-partícula e as formas de interação da radiação com a matéria (efeito fotoelétrico, efeito Compton, etc.). De que forma foram abordados estes temas em sala de aula? _____

11- Que tipo de relação você percebe entre os conteúdos abordados nas disciplinas de Proteção Radiológica e Física do Radiodiagnóstico? _____

12- Muitos técnicos em radiologia não se protegem devidamente durante a realização de um exame e sequer oferecem proteção aos pacientes. Em sua opinião, o que os leva a recorrer a esta prática?

- () esquecimento
- () pressa para atender os pacientes
- () falta de consciência quanto a necessidade de utilizá-los
- () falta de conhecimento a respeito dos efeitos das radiações
- () a dose de radiação que chega ao corpo é pequena e não causará danos

13- Em visita a alguns serviços de radiodiagnóstico observou-se que nem os estagiários usavam corretamente os dispositivos de proteção individual, embora sua formação seja bastante atual. O que os leva ao não tomar cuidados com a proteção radiológica?

- () esquecimento

- () pressa para atender os pacientes
- () falta de consciência quanto a necessidade de utilizá-los
- () falta de conhecimento a respeito dos efeitos das radiações
- () a dose de radiação que chega ao corpo é pequena e não causará danos

APÊNDICE E – AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA

1- Como você avalia o método de trabalho adotado na disciplina Proteção Radiológica?

Excelente Bom Regular Ruim

Justifique: _____

2- Qual o seu sentimento em relação à Física durante a disciplina?

3- Que relação você vê entre as formas de interação da radiação com a matéria e os efeitos causados no organismo? _____

4- Muitos técnicos em radiologia não se protegem devidamente durante a realização de um exame e sequer oferecem proteção aos pacientes. Em sua opinião, o que os leva a recorrer a esta prática?

esquecimento

pressa para atender os pacientes

falta de consciência quanto a necessidade de utilizá-los

falta de conhecimento a respeito dos efeitos das radiações

a dose de radiação que chega ao corpo é pequena e não causará danos

5- Em visita a alguns serviços de radiodiagnóstico observou-se que nem os estagiários usavam corretamente os dispositivos de proteção individual, embora sua formação seja bastante atual. O que os leva ao não tomar cuidados com a proteção radiológica?

esquecimento

- () pressa para atender os pacientes
- () falta de consciência quanto a necessidade de utilizá-los
- () falta de conhecimento a respeito dos efeitos das radiações
- () a dose de radiação que chega ao corpo é pequena e não causará danos

6- Utilize este espaço para sugestões e/ou reclamações que julgar necessário.

APÊNDICE F – AVALIAÇÃO DE CONHECIMENTO (BLOCO II)

	COLÉGIO CENECISTA SÃO ROQUE “Educação Cenecista Valorizando o Ser Humano”
TÉCNICO EM RADIOLOGIA MÉDICA – RADIODIAGNÓSTICO – Área da Saúde	
Nome: _____	Módulo: II
Prof.: Jader da Silva Neto	Avaliação: _____
AVALIAÇÃO DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA – 2º SEMESTRE	

1- Faz-se um teste da ocorrência de efeito fotoelétrico em uma lâmina de sódio, cuja função trabalho é 2,28 eV, iluminando-a com radiação de comprimento de onda 2×10^{-6} m. Nestas condições, responda:

- Qual a energia da radiação utilizada?
- É possível verificar a ejeção de elétrons da lâmina metálica? Justifique.

2- O que representa o coeficiente de atenuação linear? Como ele influencia na absorção de energia das radiações?

3- As primeiras descrições feitas para o comportamento da luz apontavam para um caráter ondulatório, mas este não se confirmou frente a alguns experimentos. Cite três motivos pelos quais o efeito fotoelétrico não pode ser explicado levando-se em consideração o caráter ondulatório da luz.

4- Diferencie, dando exemplos, radiações diretamente ionizantes de radiações indiretamente ionizantes.

5- Dentre os fenômenos de interação das radiações com a matéria estudados, qual(is) está(ão) associado(s) à interação dos raios X com a matéria? Qual(is) não está(ao)? Por quê?

6- No efeito fotoelétrico a energia do fóton incidente é totalmente absorvida e um elétron é ejetado da superfície do metal. No efeito Compton, a absorção não é total e o fóton é espalhado, juntamente com um elétron. Explique por que esta diferença.

7- Em relação à simulação com o Interferômetro de Mach-Zehnder, como podemos associar a forma de detecção dos fótons nos anteparos com a dualidade onda-partícula?

APÊNDICE G – BLOCOS TEMÁTICOS

BLOCO I – ORIGENS E CARACTERÍSTICAS DAS RADIAÇÕES

I.1 - Revisão de conteúdos

- Conceito de radiação;
- Origem e exemplos das radiações;

I.2 - Fontes naturais e fontes artificiais de radiação

I.3 – Caracterização das radiações quanto ao conteúdo energético

- Análise do espectro eletromagnético;
- Diferenciação entre radiação ionizante e não ionizante;
- Fontes de radiações direta e indiretamente ionizantes;

I.4 – Elementos químicos

- Formação dos elementos químicos;
- Constituição química do ser humano;

BLOCO II – O QUE SÃO AS RADIAÇÕES E COMO INTERAGEM COM A MATÉRIA

II.1 - Dualidade onda-partícula

- Revisão de ótica ondulatória clássica;
- Efeito Fotoelétrico;
- Efeito Compton;
- Produção de pares;
- Forma de interação em função da energia do fóton incidente;
- Interação dos raios X e gama com a matéria;

II.2 – Interação das radiações com a matéria

- Coeficiente de atenuação linear total;
- Interação das radiações diretamente ionizantes com a matéria
 - Poder de freamento;
 - Transferência linear de energia (LET);
 - Alcance das partículas carregadas em um material;
 - Interação de partículas alfa e elétrons com a matéria;
- Aplicações das radiações na medicina: radiologia diagnóstica, radioterapia, medicina nuclear;

BLOCO III – DETECÇÃO DAS RADIAÇÕES E SEUS EFEITOS NO ORGANISMO

III.1 - Grandezas radiológicas

- ICRU (Comissão Internacional de Unidades de Medidas da Radiação);
 - CNEN e as normas básicas de proteção radiológica;
 - Recomendações de proteção radiológica ICRP (Comissão Internacional de Proteção Radiológica);
 - Limites máximos permissíveis para os trabalhadores com radiação, pacientes e público;
- Nota: As unidades Curie e Becquerel já são de conhecimento dos alunos desde o semestre anterior quando foi abordado o conceito de atividade de uma amostra radioativa;

III.2 – Efeitos biológicos das radiações

- Poder de penetração versus danos biológicos;
- Radiobiologia
 - Estágios dos efeitos biológicos das radiações;
 - Danos celulares, mutações, modificação celular e morte celular;
 - Efeitos determinísticos e estocásticos;
 - Efeitos somáticos e hereditários;
 - Radiosensibilidade e risco fetal;
- Indução de câncer *versus* transferência linear de energia
 - Indução de câncer pelas radiações de baixo LET;
 - Indução de câncer pelas radiações de alto LET;

III.3 – Detecção das radiações

- Princípios de operação dos detectores de radiação;
- Fatores que definem a escolha dos detectores
 - Tipo de radiação;
 - Intervalo de tempo de interesse;
 - Tipo de informação desejada;
- Detectores de leitura direta
 - Contador Geiger-Müller;
 - Câmara de ionização;
- Detectores de leitura indireta
 - Detectores termoluminescentes (TLD);
 - Detectores estimulados opticamente;

BLOCO IV – LEGISLAÇÃO E PRINCÍPIOS DE RADIOPROTEÇÃO

IV.1 - Princípios básicos de proteção radiológica

IV.2 - Formas de radioproteção

- Distância da fonte;
- Blindagem individual;
- Blindagem para pacientes;
- Tempo de exposição;

IV.3 – Legislação

- Portaria 453;
- Norma CNEN NE 3.01;

ANEXO A – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DA SAÚDE E COMPETÊNCIAS PROFISSIONAIS DO TÉCNICO DA ÁREA

Caracterização da área

Compreende as ações integradas de proteção e prevenção, educação, recuperação e reabilitação referentes às necessidades individuais e coletivas, visando a promoção da saúde, com base em modelo que ultrapasse a ênfase na assistência médico-hospitalar. A atenção e a assistência à saúde abrangem todas as dimensões do ser humano – biológica, psicológica, social, espiritual, ecológica - e são desenvolvidas por meio de atividades diversificadas, dentre as quais biodiagnóstico, enfermagem, estética, farmácia, nutrição, radiologia e diagnóstico por imagem, saúde, reabilitação, saúde bucal, saúde e segurança no trabalho, saúde visual e vigilância sanitária. As ações integradas de saúde são realizadas em estabelecimentos específicos de assistência à saúde, tais como postos, centros, hospitais, laboratórios e consultórios profissionais, e em outros ambientes como domicílios, escolas, creches, centros comunitários, empresas e demais locais de trabalho.

Competências profissionais gerais do técnico da área da saúde

- Identificar os determinantes e condicionantes do processo saúde-doença.
- Identificar a estrutura e organização do sistema de saúde vigente.
- Identificar funções e responsabilidades dos membros da equipe de trabalho.
- Planejar e organizar o trabalho na perspectiva do atendimento integral e de qualidade.
- Realizar trabalho em equipe, correlacionando conhecimentos de várias disciplinas ou ciências, tendo em vista o caráter interdisciplinar da área.
- Aplicar normas de biossegurança.
- Aplicar princípios e normas de higiene e saúde pessoal e ambiental.
- Interpretar e aplicar legislação referente aos direitos do usuário.
- Identificar e aplicar princípios e normas de conservação de recursos não-renováveis e de preservação do meio ambiente.
- Aplicar princípios ergonômicos na realização do trabalho.
- Avaliar riscos de iatrogenias⁴⁴, ao executar procedimentos técnicos.
- Interpretar e aplicar normas do exercício profissional e princípios éticos que regem a conduta do profissional de saúde.

⁴⁴ Segundo o dicionário Aurélio, são alterações patológicas provocadas no paciente por tratamento de qualquer tipo.

- Identificar e avaliar rotinas, protocolos de trabalho, instalações e equipamentos.
- Operar equipamentos próprios do campo de atuação, zelando pela sua manutenção.
- Registrar ocorrências e serviços prestados de acordo com exigências do campo de atuação.
- Prestar informações ao cliente, ao paciente, ao sistema de saúde e a outros profissionais sobre os serviços que tenham sido prestados.
- Orientar clientes ou pacientes a assumirem, com autonomia, a própria saúde.
- Coletar e organizar dados relativos ao campo de atuação.
- Utilizar recursos e ferramentas de informática específicos da área.
- Realizar primeiros socorros em situações de emergência.

Competências específicas de cada habilitação

A serem definidas pela escola para completar o currículo, em função do perfil profissional de conclusão da habilitação.

- Carga horária mínima de cada habilitação da área: 1.200 horas.

ANEXO B - LEI n. 7.394/85

Art. 1º - Os preceitos desta Lei regulam o exercício da profissão de técnico em Radiologia, Conceituando-se como tal todos os Operadores de Raios X que, profissionalmente, Executem as técnicas:

- I - Radiológica, no Setor de diagnóstico;
- II - Radioterápica, no setor de terapia;
- III - Radioisotópica, no setor de radioisótopos;
- IV - Industrial, no setor industrial;
- V - de medicina nuclear.

Art. 2º - São Condições para o exercício da Profissão de Técnico em Radiologia:

I - Ser portador de certificado de conclusão de 1º e 2º Graus, ou equivalente, e possuir formação profissional por intermédio de Escola Técnica de Radiologia, com o mínimo de 3 (três) anos de duração.

II - Possuir diploma de habilitação profissional, expedido por Escola Técnica de Radiologia, registrado no órgão federal (vetado)

Art. 3º - Toda entidade, seja de caráter público ou privado, que se propuser instituir Escola Técnica de Radiologia, deverá solicitar o reconhecimento prévio.

Art. 4º - As Escolas Técnicas de Radiologia só poderão ser reconhecidas se apresentarem condições de instalação satisfatórias e corpo docente de reconhecida idoneidade profissional, sob orientação de Físico Tecnólogo, Médico Especialista e Técnico em Radiologia.

§ 1º - Os programas serão elaborados pela autoridade federal competente e válidos para todo o Território Nacional, sendo sua adoção indispensável ao reconhecimento de tais cursos.

§ 2º - Em nenhuma hipótese poderá ser matriculado candidato que não comprovar a conclusão de curso em nível de 2º Grau ou equivalente.

§ 3º - O ensino das disciplinas será ministrado em aulas teóricas, práticas e estágios a serem cumpridos, no último ano do currículo escolar, de acordo com a especialidade escolhida pelo aluno.

Art. 5º - Os centros de estágios serão constituídos pelos serviços de saúde e pesquisa física, que ofereçam condições essenciais à prática da profissão na especialidade requerida.

Art. 6º - A admissão à 1ª série da Escola Técnica de Radiologia dependerá:

- I - do cumprimento do disposto no 2º, do artigo 4º, desta Lei;
- II - de aprovação em exame de saúde, obedecidas as condições estatuídas no parágrafo único, do artigo 46, do decreto 29.155, de 17 de Janeiro de 1951.

Art. 7º - As Escolas Técnicas de Radiologia existentes, ou a serem criadas, deverão remeter ao órgão competente, para fins de fiscalização de registros, cópia da ata relativa aos exames finais, na qual constem os nomes dos alunos aprovados e as médias respectivas.

Art. 8º - Os diplomas expedidos por Escolas Técnicas de Radiologia, devidamente reconhecidos, têm âmbito nacional e validade para o registro de que trata o inciso II, do artigo 2º, desta Lei.

Parágrafo único - Concedido o diploma, fica o Técnico em Radiologia obrigado a registrá-lo nos termos desta Lei.

Art. 9º - (Vetado).

Art. 10º - Os trabalhos de supervisão das aplicações de técnicas em radiologia, em seus respectivos setores, são da competência do Técnico em Radiologia.

Art. 11º - Ficam assegurados todos os direitos aos denominados operadores de Raios X, devidamente registrados no órgão competente (vetado), que adotarão a denominação referida no Art. 1º desta Lei.

§ 1º - Os profissionais que se acharem devidamente registrados na Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Medicamentos - DIMED, não possuidores de certificado de conclusão de curso em nível de 2º Grau, poderão matricular-se nas escolas criadas, na categoria de ouvinte, recebendo, ao terminar o curso, certificado de presença, observadas as exigências regulamentares das Escolas de Radiologia.

§ 2º - Os dispositivos desta Lei aplicam-se, no que couber, aos Auxiliares de Radiologia que trabalham com câmara clara e escura.

Art. 12º - Ficam criados o Conselho Nacional e os Conselhos Regionais de Técnicos em Radiologia (vetado), que funcionarão nos mesmos moldes dos Conselhos Federal e Regionais de Medicina, obedecida igual sistemática para sua estrutura, e com as mesmas finalidades de seleção disciplinar e defesa da classe dos Técnicos em Radiologia.

Art. 13º - (Vetado).

Art. 14º - A jornada de trabalho dos profissionais abrangidos por esta Lei, será de 24 (vinte e quatro) horas semanais.

Art. 15º - (Vetado).

Art. 16º - O salário mínimo dos profissionais, que executam as técnicas definidas no Art. 1º desta Lei, será equivalente a 2 (dois) salários mínimos profissionais da Região, incidindo sobre esses vencimentos 40% (Quarenta por cento) de risco de vida e insalubridade.

Art. 17º - O poder Executivo regulamentará esta Lei no prazo de 180 (Cento e oitenta) dias.

Art. 18º - Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 19º - Revogam-se as disposições em Contrário.

Brasília, em 29 de outubro de 1985; 164º da Independência 97º da República.

JOSÉ SARNEY - Presidente da República

ALMIR PAZZIANOTTO - Ministro do Trabalho

ANEXO C – DECRETO n. 92.790/86

O Presidente da República, usando da atribuição que lhe confere o art. 81, item III, da Constituição, e tendo em vista o disposto no art. 17 da Lei n. 7.394, de 29 de outubro de 1985, DECRETA:

Art. 1º - O exercício da profissão de Técnico em Radiologia fica regulado pelo disposto neste Decreto, nos termos da Lei n. 7.394, de 29 de outubro de 1985.

Art. 2º - São Técnicos em Radiologia os profissionais de Raios X, que executam as técnicas:

I - radiológicas, no setor de diagnóstico;

II - radioterápicas, no setor de terapia;

III - radioisotópicas, no setor de radioisótopos;

IV - industriais, no setor industrial;

V - de medicina nuclear.

Art. 3º - O exercício da profissão de Técnico em Radiologia é permitido:

I - aos portadores de certificado de conclusão de 1º e 2º graus, ou equivalentes, que possuam formação profissional por intermédio de Escola Técnica de Radiologia, com o mínimo de três anos de duração;

II - aos portadores de diploma profissional, expedido por Escola Técnica de Radiologia, registrado no Ministério da Educação.

Art. 4º - Para se instalarem, as Escolas Técnicas de Radiologia precisam ser previamente reconhecidas pelo Ministério da Educação.

Art. 5º - As Escolas Técnicas de Radiologia só poderão ser reconhecidas se apresentarem condições de instalação satisfatória e corpo docente de reconhecida idoneidade profissional, sob a orientação de Físico Tecnólogo, Médico Especialista e Técnico em Radiologia.

§ 1º - Os programas serão elaborados pelo Conselho Federal de Educação e válidos para todo o território nacional, sendo sua adoção indispensável ao reconhecimento de tais cursos.

§ 2º - Em nenhuma hipótese poderá ser matriculado candidato que não comprar a conclusão de curso em nível de 2º grau ou equivalente.

§ 3º - O ensino das disciplinas será ministrado em aulas teóricas, práticas e estágios a serem cumpridos, no último ano do currículo escolar, de acordo com a especialidade escolhida pelo aluno.

Art. 6º - Os centros de estágio serão constituídos pelos serviços de saúde e de pesquisa físicas, que ofereçam condições essenciais à prática da profissão na especialidade requerida.

Art. 7º - A admissão à primeira série da Escola Técnica de Radiologia dependerá:

I - do cumprimento do disposto no § 2º do Art. 5º deste Decreto;

II - de aprovação em exame de sanidade e capacidade física, o qual incluirá, obrigatoriamente, o exame hematológico.

§ Único - Salvo decisão médica em contrário, não poderão ser admitidas em serviços de terapia de rádio nem de rãdom as pessoas de pele seca, com tendência a fissuras, e com verrugas, assim como as de baixa acuidade visual não corrigível pelo uso de lentes.

Art. 8º - As Escolas Técnicas de Radiologia existentes, ou a serem criadas, deverão remeter ao Conselho Federal de Educação, para fins de controle e fiscalização de registros, cópia da ara relativa aos exames finais, na qual constem os nomes dos alunos aprovados e as médias respectivas.

Art. 9º - Os diplomas expedidos por Escolas Técnicas de Radiologia, devidamente reconhecidas, têm âmbito nacional e validade para o registro de que trata o item II do Art. 3º deste Decreto.

§ Único - Concedido o diploma, fica o Técnico em Radiologia obrigado a registrá-lo, nos termos deste Decreto.

Art. 10º - Os trabalhos de supervisão da aplicação de técnicas em radiologia, em seus respectivos setores, são da competência do Técnico em Radiologia.

Art. 11º - Ficam assegurados os direitos aos denominados Operadores de Raios X, devidamente registrados na Delegacia Regional do Trabalho, os quais adotarão a denominação referida no Art. º deste Decreto.

§ 1º - Os profissionais que se acham devidamente registrado na Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Medicamentos - DIMED, não possuidores do certificado de conclusão de curso de nível de 2º grau, poderão matricular-se nas escolas criadas, na categoria de ouvinte, recebendo, ao terminar o curso, certificado de presença, observadas as exigências regulamentares das Escolas de Radiologia.

§ 2º - Os dispositivos deste Decreto aplicam-se, no que couber, aos Auxiliares de Radiologia que trabalham com câmara clara e escura.

Art. 12º - Os Conselhos Nacional e Regionais de Técnicos em Radiologia, criados pelo Art. 12 da Lei nº 7.394, de 29 de outubro de 1985, constituem, em seu conjunto, uma autarquia sendo cada um deles de personagem jurídica de Direito Público.

Art. 13º - O Conselho Nacional e os Conselhos Regionais de Técnicos em Radiologia - CRTR's, são órgãos supervisores da ética profissional, visando ao aperfeiçoamento da profissão e à valorização dos profissionais.

Art. 14º - O Conselho Nacional, ao qual ficam subordinados os Conselhos Regionais, terá sede no Distrito Federal e jurisdição em todo o território nacional.

§ 1º - Os Conselhos Regionais terão sede nas capitais dos Estados, Territórios e no Distrito Federal.

§ 2º - A jurisdição de um Conselho Regional poderá abranger mais de um Estado, se as conveniências assim o indicarem.

Art. 15º - O Conselho Nacional de Técnicos em Radiologia compor-se-á de nove membros, eleitos juntamente com outros tantos suplentes, todos de nacionalidade brasileira.

§ Único - A duração dos mandatos dos membros do Conselho Nacional de Técnicos em Radiologia será de cinco anos.

Art. 16º - São atribuições do Conselho Nacional:

I - organizar o ser regimento interno;

II - aprovar os regimentos internos organizados pelos Conselhos Regionais;

III - Instalar os Conselhos Regionais de Técnicos em Radiologia, definindo sede e jurisdição, bem como promovendo a eleição de seus membros e lhes dando posse.

IV - Votar e alterar o Código de Ética profissional, ouvidos os Conselhos Regionais.

V - Promover quaisquer diligências ou verificações, relativas ao funcionamento dos Conselhos Regionais, nos Estados ou Territórios e Distrito Federal, e adotar, quando necessárias, providências convenientes a bem da sua eficiência e regularidade, inclusive a designação de diretoria provisória.

Art. 17º - A diretoria do Conselho Nacional de Técnicos de Radiologia será composta de presidente, secretário e tesoureiro.

Art. 18º - O presidente, o secretário e o tesoureiro residirão no Distrito Federal durante todo o tempo de seus mandatos.

Art. 19º - A renda do Conselho Nacional será constituída de:

I - um terço das anuidades cobradas pelos Conselhos Regionais;

II - um terço da taxa de expedição das carteiras profissionais;

III - um terço das multas aplicadas pelos Conselhos Regionais;

IV - doações e legados;

V - subvenções oficiais;

VI - bens e valores adquiridos.

Art. 20º - A eleição para o primeiro Conselho Nacional de Técnicos em Radiologia será promovida pela Federação das Associações dos Técnicos em Radiologia dos Estados do Brasil.

§ Único - A eleição efetuar-se-á por processo que permita o exercício do voto a todos os profissionais inscritos, sem que lhes seja necessário o afastamento do seu local de trabalho.

Art. 21º - Enquanto não for elaborado e aprovado, pelo Conselho Nacional de Técnicos em Radiologia, o Código de Ética profissional, vigorará o código de ética do Técnico em Radiologia, elaborado e aprovado por unanimidade, na Assembléia Geral Ordinária da Federação das Associações dos Técnicos em Radiologia dos Estados do Brasil, em 10 de julho de 1971.

Art. 22º - Os Conselhos Regionais de Técnicos em Radiologia compor-se-ão de nove membros, eleitos juntamente com outros tantos suplentes, todos de nacionalidade brasileira.

§ Único - Os Conselhos Regionais de Técnico em Radiologia serão organizados à semelhança do Conselho Nacional.

Art. 23º - Compete aos Conselhos Regionais:

I - deliberar sobre a inscrição e cancelamento no quando do Conselho;

II - manter registro dos Técnicos em Radiologia, legalmente habilitados, com exercício na respectiva Região;

III - fiscalizar o exercício da profissão de Técnico em Radiologia;

IV - conhecer, apreciar e decidir os assuntos atinentes à ética profissional, impondo as penalidades que couberem;

V - elaborar a proposta do seu regimento interno, submetendo-a à aprovação do Conselho Nacional;

VI - expedir carteira profissional;

VII - velar pela conservação da honra e da independência do Conselho e pelo livre exercício legal dos direitos dos radiologistas;

VIII - promover, por todos os meios ao seu alcance, o perfeito desempenho técnico e moral da profissão e o prestígio e bom conceito da Radiologia, e dos profissionais que a exerçam;

IX - publicar relatórios anuais de seus trabalhos e a relação dos profissionais registrados;

X - exercer os atos de jurisdição que por lei lhes sejam cometidos;

XI - representar ao Conselho Nacional dos Técnicos em Radiologia sobre providências necessárias para a regularidade dos serviços e da fiscalização do exercício da profissão.

Art. 24º - A renda dos Conselhos Regionais será constituída de:

I - taxa de inscrição;

II - dois terços da taxa de expedição de carteiras profissionais;

III - dois terços da anuidade paga pelos membros neles inscritos;

IV - dois terços das multas aplicadas;

V - doações e legados;

VI - subvenções oficiais;

VII - bens e valores adquiridos.

Art. 25º - As penas disciplinares aplicáveis pelos Conselhos Regionais aos seus membros são as seguintes:

I - advertência confidencial em aviso reservado;

II - censura confidencial em aviso reservado;

III - censura pública;

IV - suspensão do exercício profissional até 30 (trinta) dias;

V - cassação do exercício profissional; *ad referendum* do Conselho Nacional.

Art. 26º - Em matéria disciplinar, o Conselho Regional deliberará de ofício.

Art. 27º - Da imposição de qualquer penalidade caberá recurso, no prazo de trinta dias, contados da ciência, para o Conselho Nacional.

Art. 28º - Além do recurso previsto no artigo anterior, não caberá qualquer outro de natureza administrativa.

Art. 29º - O voto é pessoal e obrigatório em toda eleição, salvo doença ou ausência comprovadas plenamente.

§ 1º - As deliberações serão tomadas por maioria de votos dos presentes.

§ 2º - Os radiologistas que se encontrarem fora da sede das eleições por ocasião destas, poderão dar seu voto em supla sobrecarta, opaca, fechada e remetida pelo correio, sob registro, por ofício com firma reconhecida, ao Presidente do Conselho Regional.

§ 3º - Serão computadas as cédulas recebidas, com as formalidades do parágrafo precedente, até o momento em que se encerre a votação. A sobrecarta maior aberta pelo Presidente do Conselho, que depositará a sobrecarta menor na urna, sem violar o segredo do voto.

§ 4º - As eleições serão anunciadas no órgão oficial e em jornal de grande circulação, com trinta dias de antecedência.

Art. 30º - A jornada de trabalho dos profissionais abrangidos por este Decreto será de 24 (vinte e quatro) horas semanais.

Art. 31º - O salário mínimo dos profissionais que executam as técnicas definidas no Art. 1º deste Decreto será equivalente a dois salários mínimos profissionais da Região, incidindo sobre esses vencimentos quarenta por cento de risco de vida e insalubridade.

Art. 32º - Este Decreto entrará em vigor na data de sua publicação.

Art. 33º - Revogam-se as disposições em contrário.

Brasília, 17 de junho de 1986; 165º da Independência e 98º da República.

JOSÉ SARNEY – Presidente da República

ALMIR PAZZIANOTTO – Ministro do Trabalho

ANEXO D – SÚMULA DA DISCIPLINA DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

Ementa:

Transmitir aos alunos os conhecimentos necessários para a compreensão dos riscos e benefícios associados ao uso de radiações ionizantes, em particular, no radiodiagnóstico e, informar sobre a existência de normas e procedimentos para a utilização segura dos raios X na área médica.

Bases Tecnológicas:

- a) Conceitos de radiação;
- b) Natureza da radiação;
- c) Tipo de radiação;
- d) Radiação e o espectro eletromagnético;
- e) Radiações direta e indiretamente ionizantes;
- f) Radiação natural;
- g) Fontes de radiação ionizante;
- h) Dualidade onda partícula; **(Inserção do Interferômetro de Mach-Zehnder)**
- i) Interação da radiação com a matéria;
- j) Grandezas radiológicas;
- k) Proteção radiológica;
- l) Princípios gerais de radioproteção;
- m) Princípios básicos de radioproteção;
- n) Dose máxima para trabalhadores e indivíduos do público;
- o) Raios X e a gravidez;
- p) Equipamentos de proteção individual e coletiva;
- q) Detectores de radiação;
- r) Dosimetria individual;
- s) Áreas de trabalho: radiodiagnóstico, medicina nuclear e radioterapia;
- t) Portaria 453;
- u) Norma CNEN NE 3.01;
- v) Fundamentos de radiobiologia: fatores físicos que afetam a radiosensibilidade; fatores biológicos; relação entre dose de radiação e resposta;
- w) Radiobiologia molecular e celular: irradiações de macromoléculas; efeitos diretos e indiretos; LET, RBE;

x) Efeitos precoces da radiação: letalidade da radiação aguda; dano local; efeitos hematológicos e efeitos citogenéticos;

y) Efeitos diretos da radiação: efeito local; diminuição da expectativa de vida; riscos estimados; neoplasias malignas induzidas por radiação; risco total e gravidez;

Competências:

- Utilizar equipamentos de proteção individual e coletiva na rotina de trabalho;
- Observar as sinalizações estabelecidas pelas normas de proteção radiológica durante os procedimentos radiográficos;
- Utilizar dosímetros individuais;
- Executar os procedimentos de acordo com os princípios do sistema de radioproteção;

Habilidades:

- Conhecer os princípios físicos das radiações ionizantes;
- Conhecer os processos de interação da radiação com a matéria;
- Identificar as diversas formas das radiações ionizantes, conhecendo os mecanismos pelos quais a radiação interage com o corpo humano;
- Conhecer os princípios de proteção radiológica;
- Conhecer e interpretar a legislação vigente de radioproteção;
- Selecionar alternativas de radioproteção para trabalhadores, indivíduos do público e para pacientes;
- Identificar áreas livres e áreas controladas;
- Conhecer e identificar códigos, símbolos, sinais e terminologias específicas de proteção radiológica;
- Reconhecer os princípios de justificação, otimização, limitação de dose e prevenção de acidentes preconizados pelo sistema de proteção radiológica;
- Conhecer os efeitos da radiação ionizante no corpo humano;
- Conhecer os principais detetores de radiação ionizante;